Atena
Editora
Año 2023

HECTOR GERARDO FLORES

MODELO ELÉCTRICO RLC DEL UNIVERSO

Y LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

DE LOS AGUJEROS NEGROS AL BIG BANG



Atena
Editora
Año 2023

HECTOR GERARDO FLORES

MODELO ELÉCTRICO RLC DEL UNIVERSO Y LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

DE LOS AGUJEROS NEGROS AL BIG BANG



Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Modelo eléctrico RLC del universo y la constante de Boltzmann

Diagramação:	Natália Sandrini de Azevedo
Correção:	Yaiddy Paola Martinez
Indexação:	Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão:	O autor
Autor:	Hector Gerardo Flores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F634 Flores, Hector Gerardo
Modelo eléctrico RLC del universo y la constante de Boltzmann / Hector Gerardo Flores. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0791-1
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.911230401

1. Física. 2. Modelo eléctrico. I. Flores, Hector Gerardo. II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DO AUTOR

O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declara que participou ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certifica que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

Dedico este livro

A toda mi família

Quienes viven en la Argentina y en Brasil

Especialmente a mi esposa Isabel y mis hijos Benjamim, Amália, Martina e Marco

PRESENTACION

Este libro representa una extensión o extrapolación de ideas y pensamientos desarrollados durante siglos que pretenden explicar el origen de nuestro universo, el mecanismo que generó la inflación cósmica, la materia oscura, la energía oscura, la cuantización de la materia y el espacio-tiempo, la relación entre el fotón y el gravitón, lo que hay dentro de un agujero negro, la paradoja de la información que cae en un agujero negro, etc.

Desde la antigüedad, con Euclides, logramos definir la geometría plana hasta llegar a nuestro máximo desarrollo con el matemático Georg Friedrich Bernhard Riemann; quien desenvolvió la geometría curva llevándola a su máxima expresión.

En el mundo de la física, fue Albert Einstein quien creó la teoría general de la relatividad, que define la gravedad como la curvatura del espacio-tiempo en presencia de masa o energía.

Continuando con la línea del tiempo, es mi obligación mencionar a Max Planck, padre de la teoría de la mecánica cuántica que junto a la teoria de la relatividad general constituyen los pilares fundamentales que sustentan los andamios de toda la física toérica que conocemos hasta hoy en dia.

En este libro, intentamos dar un paso más allá, desarrollamos una idea revolucionaria, la creación del factor de escala de la constante de Boltzmann, que nos permite cuantizar y cuantificar el espacio-tiempo; esta idea es tan radical que sus aplicaciones nos permiten responder y explicar los mayores misterios de la ciencia buscados por los científicos hasta la fecha, precisamente sobre esta base, emprendimos y desarrollamos este libro.

Finalmente, el factor de escala de la constante de Boltzmann, nos permite confirmar que todas las leyes de la física se pueden resumir en una sola teoría Madre, es decir, podemos unir la teoría de la relatividad general de Albert Einstein con la mecánica cuántica, siendo sólo esto posible siempre que abramos nuestro pensamiento a nuevas ideas que van más allá de los pilares fundamentales de la física.

AGRADECIMIENTO

Gracias a todos mis jefes de departamento, a mis supervisores técnicos y a mis compañeros que me enseñaron a trabajar y entender la electrónica y la matemática aplicada al mundo de la sísmica.

Gracias a todos los geofísicos y geólogos con los que tuve la oportunidad de aprender el procesamiento de señales de ondas sísmicas.

Gracias a los físicos y astrofísicos que me enseñaron cosmología y especialmente a aquellos que encontraron que mi teoría del factor de escala de la constante de Boltzmann era incorrecta. No podemos decir que está bien o mal hasta que encontremos la verdad.

Finalmente un millón de gracias a todos los grandes físicos teóricos que escribieron fabulosos libros, gracias a ellos pude encontrar el camino para poder escribir este libro y asi poder juntar todo ese conocimiento disperso y reunirlos en una sola teoría llamada MODELO ELECTRICO RLC DEL UNIVERSO Y LA CONSTANTE DE BOLTZMANN, que nos explica el origen del universo y nos hace predicciones asombrosas.

La inteligencia consiste
no solo en el conocimiento
sino tambien en la
destreza de aplicar los
conocimientos en la practica.
Aristoteles

SUMÁRIO

RESUMEN

Admirar todo lo que nos rodea, nuestro mundo, nuestro universo, es tremendamente sorprendente; imaginar cómo nació nuestro universo es un desafío inmenso; este es el camino que vamos a seguir en este libro, un camino lleno de ideas y atrevimiento; un camino abierto a la imaginación en el que utilizamos hipótesis tan desafiantes como profundas, hipótesis que van más allá de los fundamentos y principios fundamentales de la física, con el único propósito de encontrar la verdad. Muchas de estas hipótesis desafían los pilares de la física teórica construidos durante siglos y proclamados en todos los campus universitarios del mundo. Disculpe a todas estas ideas fundamentales y todas las grandes mentes que iluminan nuestra ciencia, pero siento que este desafío vale la pena si tiene como objetivo encontrar el camino correcto, encontrar la verdad o simplemente nos permite encontrar las pista de cuál sería el camino correcto que tenemos que seguir. Ahora que he mostrado mis intenciones, presentaremos las ideas básicas que sustentarán todo el desarrollo de este libro. Espero que me acompañéis en esta fascinante aventura.

A) EL BIG BANG ES LA EXPLOSIÓN DE UN AGUJERO NEGRO

Cuando analizamos la similitud que existe entre el Big Bang y un agujero negro, la respuesta es una sola: la singularidad; Precisamente esta característica común nos lleva a definir que el Big Bang se origina a partir de la explosión de un agujero negro. Si consideramos una región del espacio-tiempo a la que añadimos masa, llegará un límite en el que el sistema colapsará y formará un agujero negro. Si seguimos sumando masa (toda la masa del universo) y suponemos que el agujero negro crece, habrá un límite donde el agujero negro explotará produciendo un agujero blanco (Big Bang), lo que provocará la expansión del espacio-tiempo como lo conocemos. Es importante aclarar que usamos como hipótesis que los campos de fuerza electromagnéticos y los campos de fuerza débiles no existen dentro de los agujeros negros, para ello es necesario recordar cómo crear un agujero negro estelar.

Matemáticamente, podemos explicarlo en los siguientes pasos. La primera etapa corresponde al dominio de la ecuación de la relatividad general y finaliza con la formación o creación de un agujero negro. El segundo paso está representado por una ecuación diferencial de primer grado, similar a la de un circuito eléctrico RC, donde la constante $\tau = RC$ determina cómo crece un agujero negro. El tercer paso está representado por una ecuación diferencial de segundo grado análoga a la de un circuito RLC, que determina cómo se expandirá el espacio-tiempo después de que explote el agujero negro.

Esta idea de que el Big Bang nace de la explosión de un agujero negro, es decir, un

agujero negro nace, crece y muere produciendo el Big Bang son los pilares fundamentales de este libro y en torno a esta idea también encontramos respuestas a energía oscura, materia oscura, cuantización de la materia y el espacio-tiempo, cuantización de las ondas gravitacionales, descubrir qué hay dentro de un agujero negro y muchos otros temas muy interesantes que están de moda en la física actual.

B) INFLACIÓN CÓSMICA

Para reproducir la inflación cósmica, la expansión del espacio-tiempo, asumimos que dentro de los agujeros negros hay gluones moviéndose a una velocidad $C_G > C\varepsilon$ = 300.000 km/s, recordemos que usamos como hipótesis que dentro de un agujero negro no hay campos de fuerza electromagnéticos y campos de fuerza débiles. Esta suposición nos lleva a determinar que existe una longitud espacio-tiempo menor que la longitud de Planck, que podemos expresar de la siguiente manera, $Lp_G < Lp\varepsilon$, donde Lp_G se denomina longitud gravitacional de Planck y $Lp\varepsilon$, longitud electromagnética de Planck.

Supongamos que hay un $Lp_G < Lp\varepsilon$, debido a $C_G > C\varepsilon$ = 300.000 km/s; Es una idea tan desafiante, pero es la única forma que he encontrado para poder reproducir matemáticamente la expansión del espacio-tiempo a una velocidad mayor que la velocidad de la luz.

Si consideramos la longitud de Planck $Lp\varepsilon$, la longitud mínima del espacio-tiempo, como un resorte y por acción de $C_G > C\varepsilon$ (300.000 km/s), esta longitud decrece en valores de Lp_G, es decir, $Lp_G < Lp\varepsilon$, nos permite imaginar las inmensas fuerzas involucradas en comprimir el espacio-tiempo de longitud $Lp\varepsilon$ en valores más pequeños de espacio-tiempo Lp_G. La inmensa energía almacenada y liberada en el resorte de longitud Lp_G, para recuperar su longitud inicial $Lp\varepsilon$, es la causa de la expansión exponencial del espacio-tiempo en los primeros instantes del Big Bang.

También podemos explicar esto desde el punto de vista del vacío cuántico. Sabemos que hay un falso vacío y un vacío verdadero. El falso vacío está relacionado con el dominio de la longitud de Planck $Lp\varepsilon$, dominio de las cuatro fuerzas fundamentales. Cuando disminuimos por debajo del valor de $Lp\varepsilon$, se produce un agujero negro y entramos en el dominio Lp_G, dominio del campo de fuerza fuerte y campo de fuerza gravitacional, dominio del vacío verdadero. A medida que el agujero negro crece, Lp_G disminuye, hasta que el agujero negro alcanza una temperatura de aproximadamente 10^{27} K. Este es el punto límite que produce la explosión del agujero negro, es decir, el Big Bang, la fase de inflación cósmica donde Lp_G tiende a alcanzar el valor de $Lp\varepsilon$.

C) MODELO ELÉCTRICO RC DE UN AGUJERO NEGRO

Todo el mundo imagina que un agujero negro crece devorando materia, aquí vamos a proponer una idea revolucionaria y vamos a suponer que un agujero negro crece de forma similar a un circuito eléctrico RC, es decir crece según la constante Tau, $\tau = RC$.

Como dije, supongamos que el circuito eléctrico de un agujero negro es análogo al de un circuito RC. Sabemos que en un circuito eléctrico RC podemos representar su impedancia como $Z = R - i\,Xc$; De manera similar, en un agujero negro, representaremos su impedancia equivalente como $Ms = Ma - i\,Mr$, donde Ma representaría la masa real u ordinaria que conocemos y la masa Mr representaría la masa imaginaria o la masa de materia oscura.

A medida que el agujero negro crece, su masa $Ms = Ma - i\,Mr$ aumentará, la velocidad de algunos gluones en su interior aumentará $C_G > C\varepsilon$ y la longitud $Lp_G < Lp\varepsilon$ disminuirá. Todo esto sucederá siguiendo la curva de crecimiento del factor $\tau = RC$.

D) CONSTANTE DE BOLTZMANN VARIABLE

Cuando analizamos la relatividad general siempre decimos que en presencia de masa o energía el espacio-tiempo es curvo y lo mismo ocurre con los numerosos ejemplos dados en la correspondencia ADS/CFT.

Cuantificar el espacio-tiempo en presencia de masa y energía es lo que propongo en este libro y para ello vamos a demostrar que la constante de Boltzmann varía desde $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K hasta $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

Cuantificar el espacio-tiempo, considerando la constante de Boltzmann variable, es también cuantificar las ondas gravitacionales y al igual que ocurre con el espectro electromagnético, determinaremos que existe un espectro de ondas gravitacionales.

Estas analogías para representar las ecuaciones de ondas gravitacionales y electromagnéticas se logran gracias a la correspondencia ADS/CFT y al factor de escala de la constante de Boltzmann. Podemos determinar las ecuaciones de las ondas electromagnéticas y gravitacionales como se muestra a continuación.

Espectro de ondas eletromagnéticas:

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon$

$C\varepsilon = \lambda\varepsilon \times f\varepsilon$

$E\varepsilon = h \times C\varepsilon / \lambda\varepsilon$

$E\varepsilon = K_B\varepsilon \times T\varepsilon$,

$K_B\varepsilon = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K.

Espectro de onda gravitacionales:

$E_G = h \times f_G$

$C_G = \lambda_G \times f_G$

$E_G = h \times C_G / \lambda_G$

$E_G = K_{BG}$ **x** $\mathbf{T_G}$**,**

K_{BG} **=** 1,38 10^{-23} J/K hasta 1,78 10^{-43} J/K.

E) MODELO ELÉCTRICO RLC DEL BIG BANG

Podemos representar el modelo eléctrico del Big Bang en analogía con un circuito eléctrico RLC, donde RC representa un agujero negro y L representa el espacio-tiempo alrededor de un agujero negro. Resolver la ecuación diferencial RLC de segundo grado es averiguar cómo se expandirá el espacio-tiempo después de la explosión del agujero negro RC y cuya energía interactúa o convoluciona con el espacio-tiempo que lo rodea.

Esta expansión determinará las causas que generan la energía oscura.

Aquí, voy a abrir un paréntesis y hacer un comentario que creo que es muy importante y vale la pena hacer. La expansión del espacio-tiempo que produce el Big Bang ocurre en dos etapas:

Fase 1: Es la fase de inflación. Decíamos que cuando crece un agujero negro es cierto que $Lp_G < Lp\varepsilon$, debido a que $C_G > C\varepsilon$ = 300.000 km/s; también dijimos que $Lp\varepsilon$ se comporta como un resorte y a medida que C_G crece, la longitud del resorte disminuye, cumpliéndose que $Lp_G < Lp\varepsilon$, es decir, el resorte se comprime, aumentando su energía almacenada. Cuando el agujero negro explota, esta energía almacenada en el resorte se libera y sucede que Lp_G tiende a alcanzar el valor de $Lp\varepsilon$ y este mecanismo es el que produce la inflación cósmica. Una vez que el valor del espacio-tiempo $Lp_G = Lp\varepsilon$, se produce el final de la etapa de inflación, de expansión exponencial. En este paso mostraremos que la expansión del espacio-tiempo es una función de la frecuencia y varía con el tiempo.

Fase 2: La segunda fase de expansión está relacionada con la Constante de Boltzmann variable y consiste en que, al inicio de la expansión en la segunda fase, la constante de Boltzmann corresponde a K_{BG} = 1,78 10^{-43} J/K (Espacio-tiempo curvo) ; en este caso el espacio-tiempo se expandirá hasta que la constante de Boltzmann alcance el valor de $K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^{-23} J/K (espacio-tiempo plano). Recuérdese que para producir un agujero negro se comprime el espacio-tiempo por un factor de aproximadamente 10^{15} en tres dimensiones, 10^{15} será el factor que expanda el espacio-tiempo en la segunda etapa hasta que se estabilice y alcance el valor de $K_{B\varepsilon}$ = 1,38 10^{-23} J/K .

F) RADIACIÓN DE HAWKING

En este libro utilizamos como hipótesis que la interacción de los quarks en protones, neutrones o bariones Δ, se realiza a través de antiquarks y gluones (dominio de las cuatros fuerzas fundamentales). En los agujeros negros, al contrario de lo que ocurre en los protones y neutrones, la interacción entre quarks no se produce a través de antiquarks; sólo a través de gluones (dominio de dos fuerzas fundamentales, del campo de fuerza fuerte y del campo de fuerza gravitacional). Es decir, el interior de un agujero negro estaría formado únicamente por materia, esto es muy importante porque nos va a definir, cuando explote un agujero negro se va a producir únicamente un universo de materia y no su contraparte de antimateria.

Los agujeros negros están compuestos de masa Ms = Ma – i Mr. Si consideramos la radiación de Hawking que produce pares de partículas y antipartículas en el horizonte de sucesos, la partícula HR (materia), de frecuencia ω y energía hω, cae en el agujero negro y se suma a Ma y a Mr aumentando la masa del agujero negro, es decir, agrega masa. Esto quiere decir que la masa del agujero negro crece permanentemente, siempre crece; todo lo contrario, a lo que propone actualmente la teoría de Hawking, que es aceptada por la comunidad científica. La partícula P (antimateria), de frecuencia ω y energía -hω, se aleja del agujero negro en forma de onda gravitacional.

Si consideramos la paradoja de la información, la única solución válida sería que habría que sumar la materia que ingresa al agujero negro, esto implicaría que el agujero negro por este proceso siempre estaría creciendo hasta llegar a un punto límite que explota y produce el Big Bang; así, la paradoja de la información quedaría resuelta.

G) ASIMETRIA MATERIA - ANTIMATERIA

Todos los físicos se preguntan, que pasó con la antimatéria generada al inicio del big bang?. En este libro vamos a analisar y dar uma respuesta a esa pregunta, para ello en el apendice 9 y 14, analisamos el interior de um agujero negro y tambien analisamos la relación de los quarks y antiquarks en la matéria normal (domínio de las cuatros fuerzas fundamentales) y como cambiaría esa relacion en el interior de un agujero negro (domínio del campo de fuerzas fuerte y gravitacional). Vamos a decir que en el interior de un agujero negro, por hipótesis - definición, no existe antimatéria; esto lo vamos a sustentar diciendo lo siguiente; en el domínio de las cuatros fuerzas fundamentales la interacción entre los quarks se realizan a traves de los antiquarks y gluones; en el interior de los agujeros negros (domínio del campo de fuerza fuerte y campo de fuerza gravitacional) la interacción entre los quarks se realizan unicamente através de los gluones. Es justamente esta hipótesis que

nos lleva a afirmar que en el horizonte de eventos de um agujero negro, cuando se produce los pares de aprticulas de matéria y antimatéria, es la partícula de matéria que ingressa al interior de un agujero negro sumando su masa a la del agujero negro y la partícula de antimatéria se ajeja del agujero negro en forma de onda gravitacional.

Para concluir, en el interior de los agujeros negros, en el domínio de los campos de fuerza fuerte y gravitacional, no existe antimatéria (ver radiacion de Hawking), en otras palabras, cuando explota um agujero negro para producir el Big Bang no se prouce un universo paralelo de antimatéria, se produce unicamente el universo que conocemos.

H) CÓMO PODEMOS PROBAR ESTA TEORÍA Y SUS FUNDAMENTOS!!!!!!

Voy a presentar dos manera de probar la teoría:

En este libro desarrollaremos y determinaremos la ecuación del universo o la ecuación de las ondas gravitacionales generadas con el Big Bang. Considerando y usando esta ecuación y de acuerdo con mi experiencia matemática, teóricamente podemos reproducir las anisotropías del fondo de microondas del CMB y también podemos reproducir teóricamente el espectro de sonido o espectro de potencia que resulta de las anisotropías del fondo de microondas del CMB; Sería muy importante reproducir teóricamente estas predicciones y compararlas con las obtenidas por el satélite Planck.

Como comentario, la ecuación de las ondas gravitacionales del universo es función de la frecuencia y el tiempo, si a esta ecuación le aplicamos la transformada de Fourier y variamos la frecuencia podemos determinar las anisotropías para el tiempo t = 380.000 años después del Big Bang o para cualquier otro momento antes o después.

Dejo este reto para aquellos que dominan el lenguaje de programación, como Python. Actualmente no tengo el conocimiento para hacer este desafío, pero estoy seguro de que se puede hacer y es el camino correcto para demostrar la teoría.

La segunda manera de demostrar esta teoría esta desarrollada en el APENDICE 15, realizando un análisis de taquiones, para ecuaciones de trayectoria tipo tiempo, $v > c$ encontramos que la masa de un agujero negro es la siguiente:

$$Ms = Ma - iMr,\ v > c;$$ Ms genera una fuerza de atracción.

Analisando las ecuaciones para trayectoria tipo espacio, $v < c$, encontramos que para el caso de las desintegraciones de particulas, como ocurre en el acelerador del LHC, la deintegracion de partículas produce una contracción del espacio tiempo y la dispersion

produce una expansión del espacio-tiempo, encontramos que la masa equivalente puede representarse de la siguiente manera:

Ms = -Ma + iMr (-Ms = Ma - iMr), Ms genera una fuerza de repulsión, $v < c$.

Si observamos iMr, es una fuerza bosonica de repulsión tangencial que se aplica en la desintegración de particulas cuando se produce la dispersión, es una fuerza bosonica similar a la que existe en el interior de los agujeros negros, esto no existe en el modelo estándar de partículas, si nosotros logramos identificar y probar que existe la fuerza bosónica tangencial debido a la masa iMr en las desintegraciones de partículas, por extrapolación, podemos inferir que también existe una fuerza bosonica tangencial en el interior de un agujero negro debido a la masa -iMr, propuesta en el modelo eléctrico RLC del universo representada por:

Ms = Ma – iMr, $v > c$.

Es una forma indirecta de demostrar que nuestro modelo RLC del universo está correcto.

INTRODUCCIÓN

Cuando nos sumergimos en las profundidades de la física teórica, vemos que toda la física teórica se sustenta en dos pilares fundamentales, la relatividad general y la física cuántica. La relatividad general estudia los cuerpos estelares a gran escala y la física cuántica estudia los cuerpos microscópicos a escalas muy pequeñas. Mientras estudiamos cuerpos que solo necesitan la relatividad general o la física cuántica no hay problemas, pero hay casos especiales como el Big Bang o los agujeros negros que necesitan aplicar ambas teorías simultáneamente, y vemos que en estos casos , surgen inconsistencias y conflictos que nos llevan a pensar que estas dos teorías no son compatibles. Debido a estas situaciones, pensamos que tenemos que desarrollar una teoría cuántica de la gravedad que nos permita entender la física de los agujeros negros o el Big Bang.

En este libro emprenderemos un viaje, un camino que nos llevará a encontrar una respuesta y explicar cómo se originó el Big Bang, cuál es la causa principal que dio origen al Big Bang y cómo se relaciona este con los agujeros negros, es un camino, una alternativa que me da respuestas importantes sobre el origen del universo local, sin utilizar la teoría cuántica de la gravedad tan buscada por los científicos.

En este viaje, lleno de desafíos mentales, también encontraremos respuestas a la materia oscura, la energía oscura, la cuantización y cuantificación de la materia y el espacio-tiempo y muchas otras preguntas importantes y trascendentales de la física.

Las matemáticas y la física que vamos a utilizar son a nivel de grado, cada fórmula utilizada está respaldada por una extensa bibliografía y sentido común en la idea y aplicación de la misma. También es importante aclarar que en este viaje vamos a llevar la imaginación al límite, al punto de romper y sobrepasar los límites de la física, violando supuestos como ``nada puede viajar más rápido que la luz´´ con la único propósito de desafiar y así poder encontrar las respuestas buscadas por los científicos con la esperanza de encontrar la verdad y así poder poner a prueba los grandes paradigmas de la física que limitan nuestro desarrollo en el mundo de la ciencia. Ahora me pregunto si estos atrevidos supuestos que vamos a usar como hipótesis nos permiten al final de esta teoría reproducir la anisotropía del CMB o el espectro de potencia del CMB, les dejo las conclusiones.

Antes de rendirse a los principios físicos universales impuestos en las universidades, apelo a tu ser y te sugiero que leas este libro y finalmente, cuando termines de leer el libro, saques tus propias conclusiones, después de un análisis serio quedarás tan sorprendido como yo.

Con las bases y objetivos trazados, comencemos este apasionante viaje.

Para comenzar a desarrollar este libro, primero, explicaremos en un breve resumen

el factor de corrección de escala de la constante de Boltzmann, este factor de escala, es un pilar fundamental en el que se basa toda la teoría del modelo RLC del universo, y permite definir la temperatura de un agujero negro T_G, superior a la temperatura de degeneración de las estrellas de neutrones. El factor de escala de la constante de Boltzmann nos permite cuantizar y cuantificar el espacio-tiempo, encontrar una relación entre la masa del fotón y la del gravitón, así como la relación entre sus energías. También modifica el concepto de temperatura creando la temperatura electromagnética T_ε, la temperatura gravitacional T_G, determinando la relación con la estructura del espacio-tiempo.

A continuación, presentaremos brevemente el modelo Lambda-CDM, que es el modelo más aceptado por la comunidad científica mundial. Además, explicaremos nuestro modelo eléctrico RLC, ambos modelos tratan de describir la evolución de nuestro universo desde su origen.

El modelo Lambda-CDM asume que el universo evolucionó desde un punto infinitesimal de densidad infinitamente grande, una singularidad. En este modelo, el espacio-tiempo se rige por la métrica FLRW;

$$\mathrm{d}s^2 = -\mathrm{d}t^2 + a(t)^2 \left(\frac{\mathrm{d}r^2}{1 - kr^2} + r^2 \mathrm{d}\theta^2 + r^2 \sin^2\theta \, \mathrm{d}\phi^2 \right)$$

Es un modelo donde se presenta la inflación cósmica, la energía oscura y la materia oscura. En este modelo, el espacio-tiempo es isótropo y homogéneo (principio cosmológico).

El modelo eléctrico RLC es un modelo que asume que nuestro universo nació de la explosión de un agujero negro cuya energía se expande en un universo existente, un universo infinito y estacionario (revivamos nuevamente el universo estacionario de Einstein). En este modelo, la evolución del espacio-tiempo a partir del Big Bang, está representada por una ecuación diferencial de segundo grado, sigamos el camino de Schrödinger y Dirac. Es un modelo anisótropo y homogéneo. Es anisotrópico porque, a diferencia del modelo Lambda-CDM, donde el espacio-tiempo se expande de la misma manera en todas las direcciones regidas por la métrica FLRW, en el modelo RLC el espacio-tiempo no se expande simétricamente en todas las direcciones. Si analizamos el espectro de fase en el dominio de la frecuencia, se observa que la expansión del espacio-tiempo depende de la frecuencia y del tiempo, y es asimétrica. Esta asimetría es posiblemente la causa de las discrepancias encontradas en el valor de la constante de Hubble. También deberíamos decir que, en este modelo, la materia oscura está relacionada con la masa imaginaria de un agujero negro que resulta de la suposición de que la velocidad del campo de quarks y

gluones dentro de un agujero negro es mayor que c = 300.000 km/s (Dentro de un agujero negro hay gluones sin masa y sin carga, análogos a un fotón, que pueden viajar a una velocidad superior a c = 300.000 km/s y generar la masa imaginaria; también hay gluones sin masa y con carga, que no puede viajar a una velocidad superior a c = 300.000 km/s, lo que genera la masa real que conocemos).

La teoría desarrollada en este artículo, el Modelo Eléctrico RLC, se basa en dos hipótesis: la primera hipótesis nos dice que la velocidad del campo de quarks y gluones dentro de un agujero negro es mayor que la velocidad c = 300.000 km/s; la segunda hipótesis establece que la masa dentro de un agujero negro está compuesta por una masa real y una masa imaginaria, en analogía a la energía eléctrica formada por energía activa y energía reactiva representada por un número complejo. Para que la velocidad c sea superior a 300.000 km/s, es necesario que no haya campos de fuerza electromagnéticos y campos de fuerza débiles dentro de los agujeros negros.

Consideremos los agujeros negros como una estrella quark-gluón que se forma cuando supera una temperatura de 10^{13} kelvin y una densidad crítica de 1,31 10^{20} kg/m³; esto se debe a un colapso gravitatorio en el que el espacio-tiempo se reduce en un factor de 10^{15} veces en las tres dimensiones (10^{5} veces en una dimensión). Como resultado de esta contracción, solo las fuerzas gravitatorias y la fuerza fuerte actúan dentro del agujero negro. Las fuerzas electromagnéticas y débiles no existen en estas estrellas, desaparecen cuando se forman agujeros negros - estamos en la escala de quarks, 10^{-17} metros. La contracción del espacio-tiempo por un factor de 10^{5} veces en una dimensión actúa como un filtro que elimina los campos de fuerza electromagnéticos y los campos de fuerza débiles.

Para describir cómo se desarrollan los agujeros negros, alcanzan una condición crítica y finalmente explotan para producir el Big Bang, es necesario comenzar describiendo la evolución de las estrellas y mencionar que dependiendo de su tamaño, una estrella enana blanca, una estrella de neutrones o un agujero negro es formado.

Cuando una estrella llega al final de su evolución, si su tamaño de masa es inferior a 8 masas solares, se forma una estrella enana blanca, con una masa resultante inferior a 1,4 masas solares; si la masa está entre 8 y 20 masas solares, se forma una estrella de neutrones con una masa resultante entre 1,4 y 3 masas solares; y finalmente, si la masa de la estrella al final de su evolución es mayor a 20 masas solares, se forma un agujero negro con una masa mayor a 3 masas solares. También es necesario mencionar que, en las estrellas enanas blancas, la presión interna en la estrella es balanceada por la presión de degeneración electrónica alrededor de 10^{6} g/cm³, que neutraliza la fuerza ejercida por la gravedad, con temperaturas entre 10^{6} K y 20.0 10^{6} K, grados Kelvin.

En el caso de las estrellas de neutrones, también es necesario mencionar que la presión interna en el interior de la estrella encuentra el equilibrio debido a la presión de degeneración de los neutrones de aproximadamente 10^{14} g/cm³ que neutraliza la fuerza ejercida por la gravedad, con temperaturas entre 10^{11} K y 10^{12} K, grados Kelvin.

Finalmente, para masas superiores a 20 masas solares, la presión de la gravedad supera a la presión de degeneración neutrónica y se forma un agujero negro con una masa superior a 3 masas solares.

Si analizamos detenidamente, observamos que la temperatura aumenta si pasamos de una estrella enana blanca a una estrella de neutrones, lógicamente si se forma un agujero negro, tendría que tener una temperatura aún mayor. Sin embargo, cuando aplicamos la ecuación de temperatura de radiación de Hawking $T = hc^3/(8\pi K_B GM)$, vemos que la temperatura corresponde aproximadamente a 0 K (grados Kelvin).

En el desarrollo teórico de la constante de Boltzmann se demuestra que la temperatura gravitatoria T_G ($T_\varepsilon = 0$) en el interior de un agujero negro es de 10^{13} K. También cabe mencionar, si aplicamos el factor de corrección correspondiente a la constante de Boltzmann, con la ecuación de Hawking descrita, podemos calcular la temperatura promedio para una estrella enana blanca y para una estrella de neutrones. Esto se puede entender analizando la relación entre el factor de escala de la constante de Boltzmann y la estructura del espacio-tiempo.

Hasta ahora, hemos descubierto nuestro primer postulado: los agujeros negros deben tener una temperatura más alta que las temperaturas de degeneración de los neutrones. Partiendo de esta base, continuaremos con nuestro razonamiento y presentaremos nuestro segundo postulado y definiremos un agujero negro análogo a un circuito eléctrico RC; en otras palabras, supongamos que un agujero negro se comporta como un circuito RC que en un tiempo t0, el capacitor C comienza a cargarse con una velocidad de carga dada por $\tau = RC$ hasta alcanzar el equilibrio en un tiempo $t = 5\tau$. En ingeniería eléctrica, cuando hablamos de R, decimos que es un componente disipador de energía y están relacionadas con la potencia activa; cuando hablamos de C, decimos que es un dispositivo de almacenamiento de energía y está relacionado con la potencia reactiva; y estas dos variables están relacionadas a través de una representación numérica compleja $Z = R - i\,Xc$. Asimismo, en un agujero negro representaremos la masa o energía mediante un número complejo de la forma $Ms = Ma - iMr$. En otras palabras, un agujero negro estará compuesto por una masa real Ma y una masa imaginaria Mr.

Como dijimos antes, en el tiempo $t = t0$ la corriente i comienza a cargar el capacitor, y esta corriente i es análoga a la velocidad c de la luz.

En el mundo en que vivimos, estamos acostumbrados a representar la energía y la masa por un número real, por ejemplo decimos, que la masa de un objeto es de 30 kg, pero debido que en un agujero negro la velocidad equivalente es mayor que c = 300.000 km/s, la masa de un agujero negro estará representada por una parte real y una parte imaginaria (la masa real será la masa normal y la masa imaginaria será equivalente a la masa de materia oscura), esta estará representada por una número complejo, o sea, la masa aparente resultante será mayor que la masa real por la siguiente relación, IMsI = $\sqrt{}$ (Ma^2 + Mr^2). Esto nos dice que esa masa adicional que no se está teniendo en cuenta hasta el día de hoy es la masa de materia oscura tan buscada por la comunidad científica. Posteriormente haremos estos cálculos y determinaremos que esta masa adicional corresponde a la masa de materia oscura buscada.

Una vez que el condensador del circuito RC alcanza su estado de carga máxima, es decir, cuando el agujero negro alcanza los límites máximos de temperatura, energía, presión, masa, etc., el agujero negro explota y produce lo que llamamos el Big Bang. Cuando el agujero negro explota, lo que sucede es que el espacio-tiempo se expande primero produciendo inflación cósmica y luego por un factor de 10^{15} veces en tres dimensiones (10^5 veces en una dimensión), hasta recuperar su tamaño original.

Para representar matemáticamente el modelo eléctrico del Big Bang, asumimos un circuito eléctrico RLC donde RC representa el agujero negro y L representa el espacio alrededor del agujero negro que tiene una energía dada, por ejemplo, el espacio actualmente tiene una temperatura aproximada de 2,7 K (grados Kelvin) y una energía de 3,72 10^{-23} J (Joule). Esto nos lleva a afirmar que el agujero negro se desarrolla y crece dentro de un universo existente, de manera análoga a lo que sucede en nuestro universo.

La explosión del agujero negro, que inicia el Big Bang, representaría la convolución de la energía generada por la explosión del agujero negro que interactúa con la energía del espacio que rodea al agujero negro. Resolver el circuito RLC es resolver una ecuación diferencial de segundo grado y las condiciones iniciales son muy importantes. La solución de esta ecuación diferencial cuadrática dependerá de los valores de α y Wo, lo que nos dará los siguientes tipos de respuestas, (α > Wo) caso amortiguado; (α = Wo) caso críticamente amortiguado y el último caso (α <Wo) subamortiguado, donde α representa el factor de amortiguamiento y Wo la frecuencia natural. En particular, debido a las condiciones iniciales, analizaremos la respuesta críticamente amortiguada y amortiguada.

Como resultado del análisis del circuito RLC, describiremos las siguientes consecuencias. La primera consecuencia está relacionada con el análisis de la respuesta en el dominio de la frecuencia, especialmente el espectro de fase, vemos que varía con la frecuencia (tiempo), y tenemos que recordar que un cambio de fase implica una diferencia

de desplazamiento, esta puede ser la causa de la energía oscura, pero también podría ser la causa de las discrepancias encontradas con la constante de Hubble.

La segunda consecuencia que vamos a analizar está relacionada con la solución de la ecuación de onda relativista de Poul Dirac: la energía tiene una solución positiva y negativa (+/-) que induce a la existencia de antimateria. En los apéndices 9 y 14 analizaremos la relación entre materia y antimateria dentro de un BH y determinaremos que la antimateria no existe en el interior de un BH. La energía de la materia se utiliza para expandir el espacio-tiempo (el universo) y recuperar su tamaño original, esto es lo que llamamos el Big Bang.

La tercera consecuencia que vamos a analizar está relacionada con la paradoja de la información de un agujero negro. ¿Qué sucede con la información de toda la materia que cae en un agujero negro? Para responder a esta pregunta mencionamos la hipótesis ya expuesta de que un agujero negro explota y produce el Big Bang, con esta información se recupera y se resuelve la controversia.

La cuarta consecuencia está relacionada con la materia oscura, demostraremos que la materia oscura está relacionada con la masa imaginaria de un agujero negro y también expondremos esto para la masa del agujero negro de Sagitario A* en el centro de la Vía Láctea, donde la masa imaginaria asociada corresponde a la masa de materia oscura buscada por los científicos.

La quinta consecuencia que vamos a demostrar está relacionada con la cantidad de masa ordinaria que existe en el universo, que según los cálculos de los científicos, la masa ordinaria total del universo estaría entre (10^{53} y 10^{54}) kg, y en este artículo la masa ordinaria total calculada del universo nos da 10^{56} kg, en el modelo RLC.

Finalmente, desarrollaremos la ecuación de onda E(t) del universo en función del tiempo, para los casos de un sistema RLC con amortiguamiento crítico y un sistema RLC con amortiguamiento. Demostraremos que el sistema eléctrico críticamente amortiguado no se aplica a nuestro universo, dejando como única opción el modelo eléctrico amortiguado RLC, que desarrollaremos. Esta ecuación E(t) es lo que determina cómo se generan las ondas gravitacionales en la era inflacionaria del Big Bang.

Determinaremos la ecuación de la energía E(t) del universo en función del tiempo, representando esta ecuación las ondas gravitacionales generadas en la era inflacionaria. A continuación, utilizando la ecuación de energía desarrollada, calcularemos la energía E(t) para aproximadamente 3000 K, y bajo estas condiciones calcularemos la relación entre masa y energía.

Calcularemos para el modelo eléctrico RLC amortiguado de nuestro universo, las

constantes R, L, C; las frecuencias de corte ω1 y ω2 junto con la frecuencia de resonancia ω0, además del tiempo correspondiente a cada una de estas frecuencias. También calcularemos el factor Q y el ancho de banda del sistema.

Finalmente, calcularemos la densidad del universo para t = 11,81 10^{12} s (380 000 años), que corresponde al momento en que la radiación se desacopla de la materia y determinaremos cuál era la relación entre materia y energía en el universo en ese momento. También calcularemos la densidad del universo para t = 1,22 10^{13} s, para el instante en que la longitud de onda de la frecuencia fundamental que corresponde al primer pico del espectro sonoro de las ondas acústicas CMB (λ = 1,000.000 años luz) se ha expandido 100 % de su tamaño original; para terminar pondremos ejemplos de cómo la expansión asimétrica del espacio-tiempo genera las discrepancias que existen con la constante de Hubble.

APÉNDICE 1 al APÉNDICE 15, se desarrollan temas específicos (puntuales) y trascendentales de la física teórica, de gran importancia, en los que el desarrollo se basa principalmente en dar una respuesta física, mediante la aplicación del factor de escala de la constante de Boltzmann.

Un destaque especial para el APÉNDICE 15, el analisis de taquiones en el cono de luz del espacio-tiempo de Minkowsky, nos lleva a predecir que la masa en el interior de un agujero negro coincide con nuestro modelo eléctrico RC de un agujero negro, es decir Ms = Ma – iMr para v > c, esta predicción se da cuando analizamos la ecuación de trayectoria de tipo tiempo para v < c y extrapolamos matematicamente para v > c ; también predice algo muy importante en la desintegracion de la matéria en los aceleradores de partículas, predice una fuerza de repulsión y uma fuerza adicional tangencial coincidente con el siguiente modelo matemático -Ms = Ma – iMr (Ms = -Ma + iMr), para v < c; esta predicción se da cuando analisamos la ecuacion de trayectoria tipo espacio para v > c y extrapolamos matematicamente para v < c.

Es importante dejar en claro, cuando analisamos las ecuaciones de la métrica para trayectoria de tipo tiempo para v < c y ultrapasamos el limite para v > c, siempre las partículas son de tipo matéria son bosones; ahora cuando analisamos las ecuaciones de la métrica para trayectoria de tipo espacio para v > c y ultrapasamos la barrera v < c, siempre las partículas son de tipo ondas gravitacionales, son partículas de espacio-tiempo, también son bósones.

Ecuación de campo de Eintein:

$$G\mu v = (8\pi G / c^4)\ T\mu v$$

Gμv Tensor de Einstein

Tμv Tensor de energia-momento

Vamos a definir la métrica en relatividad general.

$ds^2 = g_{00}\ dt^2 + g_{11}\ dx^2 + g_{22}\ dy^2 + g_{33}\ dz^2$

Es un espacio de cuatro dimensiones donde ds representa un elemento diferencial entre dos puntos. (g_{00}, g_{11}, g_{22}, g_{33}) son funciones que van a proporcionar curvatura al espacio-tiempo, son las componenetes del tensor métrico covariante.

Vamos a estudiar el campo gravitacional de um objeto puntual, sin rotación, en coordenadas esféricas lo que nos introduce uma singularidade en el origen de coordenadas.

Vamos a encontrar una solución de vacio, es decir, sin massa y sin gravedad.

$G\mu v = 0$

$R\mu v - (1/2) g\mu v R = 0$

Rμv, Tensor de Ricci.

Gμv, Tensor métrico covariante.

R, escalar de Ricci.

Vamos a plantear uma posible solución.

$ds^2 = -Ac^2dt^2 + BdR^2 + R^2d\theta^2 + R^2\sin^2 d\phi^2$

A y B son funciones en que influye la gravedad (t, R)

No hay cambios en gravedad en los angulos (ϕ, θ).

Vamos a omitir toda la burocracia matemática y vamos a encontrar la solución para A y B:

$A = 1 - (K/R)$

$B = 1 / (1 - (K/R))$

Por lo tanto para ds, remplazando tenemos:

$ds^2 = -(1 - (K/R))c^2dt^2 + (1 / (1 - K/R))dR^2 + R^2d\theta^2 + R^2\sin^2 d\phi^2$

Analizando vemos que existen dos singularidades

$R = 0$, no tiene ningun significado físico, se dá por elección del sistema de coordenadas.

$R = K$, tiene significado físico, sin embargo si analizamos la función existe continuidade de la funcion em $R = K$, en todo momento la función es continua.

$R = K$, $ds^2 = 0$

$R > K$, $ds^2 < 0$

$R < K$, $ds^2 > 0$

La solucion de Schwarzchild no es una solucion para el campo gravitatorio de un agujero negro, es una solución para la gravitación de um objeto puntual en el orígen de coordenadas, es una solución de vacío, para derivarla no se introduce la massa ni la gravedad.

Ahora vamos a introducir la gravedad y la massa en la funcion ds.

Nuevamente obviamos los passos matemáticos y la solución es la siguiente:

$K = Rs = 2MG/c^2$, radio de Schwarzschild

Remplazando en ds tenemos:

$ds^2 = -(1 - (2MG/Rc^2))c^2dt^2 + (1 / (1 - 2MG/Rc^2))dR^2 + R^2d\theta^2 + R^2\sin^2 d\phi^2$

Vamos a interpretar el significado de Rs.

Dijimos que no hay cambios en gravedad en los ângulos (ϕ, θ).

$d\phi = 0$; $d\theta = 0$

Con esto, nos aseguramos que nos vamos a mover em la direccion de R.

$R = Rs$, $ds = 0$, vamos analizar esta situación pontual.

$0 = -(1 - (2MG/Rc^2))c^2dt^2 + (1 / (1 - 2MG/Rc^2))dR^2 + R^2d\theta^2 + R^2\sin^2 d\phi^2$

$(1 - (2MG/Rc^2))c^2dt^2 = (1 / (1 - 2MG/Rc^2))dR^2$

$$(dR/dt)^2 = Vlight = c^2(1 - (2MG/Rc^2)^2$$

Vemos que a medida que nos desplazamos en R tenemos las siguientes condiciones:

$R = Rs$, $Vlight = 0$; $ds^2 = 0$

$R \rightarrow \infty$, $R > Rs$, $Vlight = c$; $ds < 0$, trayectoria tipo tiempo.

$R \rightarrow 0$, $R < R_s$, $V_{light} > c$; $ds > 0$, trayectoria tipo espacio.

Si observamos, para $R < R_s$ vemos que Vlight es mayor que la velocidade de la luz; nos esta diciendo que las partículas en el interior de un agujero negro se mueven a una velocidad supraluminica.

Todo este desarrollo matemático se realizó para llegar a este punto en el cual la velocidad de las partículas en el interior de un agujero negro se mueven a una velocidade superior a la velocidade de la luz, en otras palabras $C_G > C_\varepsilon$ = 300.000 km/s.

Justamente tomamos esto como base para proponer que el circuito elétrico de un agujero negro es análogo a la de un circuito RC, donde la impedancia de un circuito RC es la siguiente:

$Z = R - i X_c$; R, resistencia y Xc, impedancia capacitiva.

Representamos la impedancia de un agujero negro de la siguiente manera:

$M_s = M_a - i M_r$

Ma, masa normal que conocemos

-iMr, masa que surge de particulas que superarn la velocidad de la luz.

En base a lo definido, vamos a suponer que un agujero negro nasce, crece y finalmente muere, es decir explota para producir el Big Bang. El crecimiento de un agujero negro lo hace en analogía a la de un circuito electrico de primer orden RC siguiendo la constante $\tau = RC$

Ver el APÉNDICE 15, en donde en forma natural, de un desarrollo matemático, emerge la ecuación de masa $M_s = M_a - i M_r$ para la masa en el interior de un agujero negro.

FATOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

La constante de Boltzmann se define de la siguiente manera:

$K_B = R/N$ donde R = 8,314 J / (K.mol) y N = 6,022 10^{23} 1/mol

K_B = 1,38 10^{-23} J/K.

N se llama número de Avogadro y por 1 mol de carbono 12 hay 6,022 10^{23} átomos.

Como se ha descrito, la constante de Boltzmann se define para 1 mol de carbono 12 y corresponde a 6,0221 10^{23} átomos. Aquí es importante señalar que siempre que usamos la constante de Boltzmann en todas las aplicaciones químicas, las dimensiones físicas del átomo permanecen constantes o, en otras palabras, no cambian.

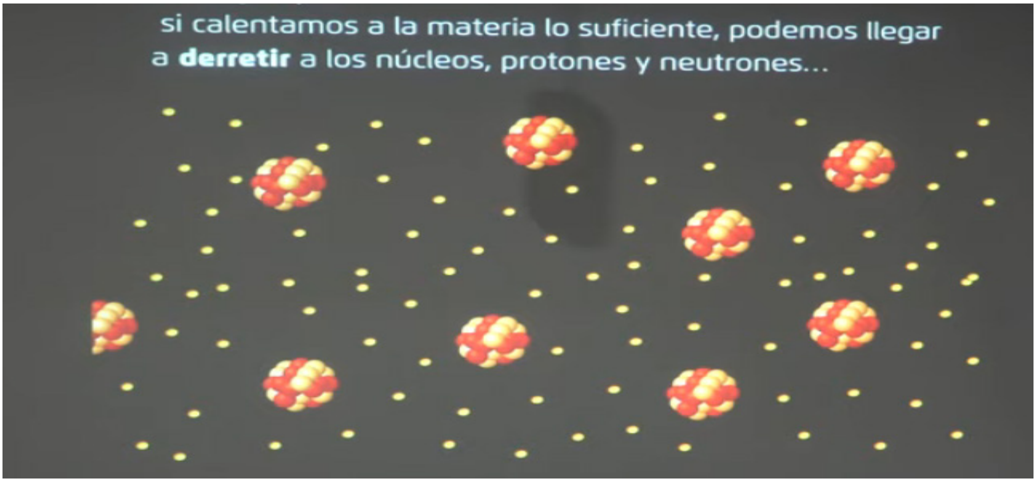
En la teoría cuántica de campos, los átomos no están representados por esferas perfectas de radio r como se suponía a principios del siglo XX. Pero para fines prácticos,

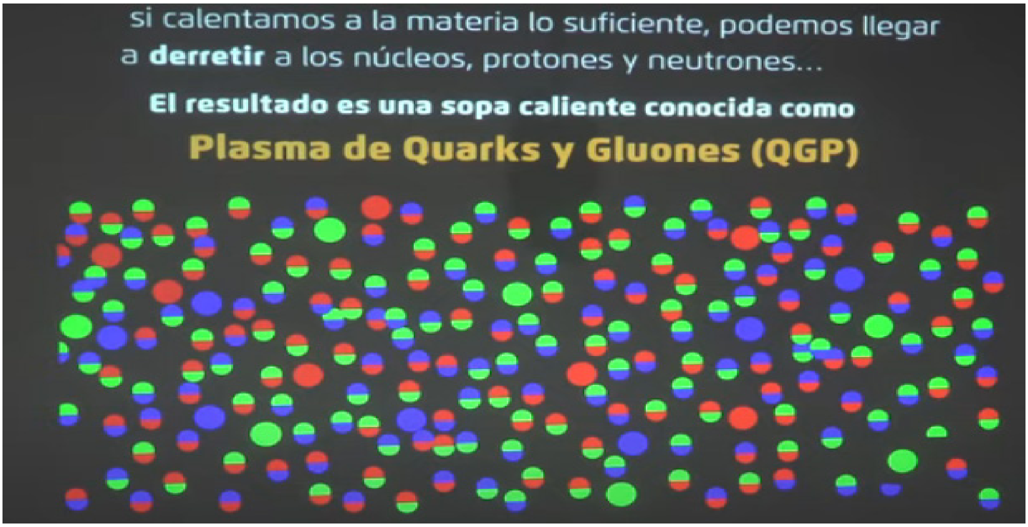
para realizar los cálculos, hagamos esa suposición nuevamente y usaremos el radio atómico dado en la tabla periódica de los elementos químicos.

Si consideramos estrellas enanas blancas (presión de degeneración de electrones), estrellas de neutrones (presión de degeneración de neutrones) y agujeros negros (sopa de quarks y gluones), en todos estos casos el tamaño físico del átomo de C12 se reduce en relación a su tamaño normal, al nivel del núcleo del átomo o al nivel de los quarks, por lo que es necesario introducir un factor de escala para compensar esta diferencia.

Con este criterio calcularemos el factor de escala de la constante de Boltzmann para estrellas enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros y con la ayuda de la ecuación de temperatura de radiación de Hawking $T = hc^3/8\pi KGM$, calcularemos la temperatura para los tres casos mencionados.

Este criterio de utilizar el factor de escala de la constante de Boltzmann nos permitirá definir la temperatura de un agujero negro superior a la temperatura de degeneración de una estrella de neutrones, es decir, superior a 10^{12} K. Actualmente, las temperaturas de los agujeros negros es del orden de 0K (kelvin) aproximadamente.





- ✓ Consideremos el caso de las estrellas de neutrones, y supongamos que la presión de degeneración del neutrón lleva al átomo de C12 a las dimensiones de un neutrón.

Cálculo de la constante de Boltzmann cuando se trabaja a nivel del núcleo atómico.

Dc12 = 1,5 10^{-8} cm = 1,5 10^{-10} m, diámetro del átomo C12.

- Rc12 = 0,75 10^{-10} m, radio del átomo C12.

Dn = 0,8 10^{-15} m, diámetro del neutron.

- Rn = 0,4 10^{-15} m, radio del neutron.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 $10^{-10})^3$ = 1,76 10^{-30} m^3, volumen del átomo C12.

Vn = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,4 $10^{-15})^3$ = 0,267 10^{-45} m^3, volumen del neutron.

D = Vc12 / Vn = 1,76 10^{-30} / 0,267 10^{-45} = 6,591 10^{15} factor de escala para el nivel del núcleo del átomo.

Cálculo de la constante de Boltzmann cuando se trabaja a nivel del núcleo del átomo.

K_{Bn} = K_B / D = 1,38 10^{-23} / 6,591 10^{15} = 0,2094 10^{-38} J/K

K_{Bn} = 0,2094 10^{-38} J/K, constante de Boltzmann-escala del núcleo atómico.

- ✓ Consideremos el caso de los agujeros negros, y supongamos que la presión para formar un agujero negro hace que el átomo de C12 se reduzca al tamaño de un quark.

Cálculo de la constante de Boltzmann trabajando al nivel de los quarks.

Rc12 = 0,75 10^{-10} m, radio del átomo C12.

Rq = 0,43 10^{-18} m, radio del quark.

Vc12 = 4/3 π R³ = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^{-10})³ = 1,76 10^{-30} m3, volumen del átomo C12

Vq = 4/3 π R³ = 4/3 x 3,14 x (0,43 10^{-18})³ = 0,33 10^{-54} m3

D = Vc12 / Vq = 1,76 10^{-30} / 0,33 10^{-54} = 5,33 10^{24}

D = 5,33 10^{24}

K_Bq = K_B / D = 1,38 10^{-23} / 5,33 10^{24} = 0,25 10^{-47} J/K

K_Bq = 0,25 10^{-47} J/K, constante de Boltzmann escala nivel del quarks.

Ahora calcularemos cómo la constante de Boltzmann y el factor de corrección de escala variarían utilizando la ecuación de radiación de Hawking para estrellas enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros.

FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN ESTRELLAS ENANAS BLANCAS

Las masas de las estrellas enanas blancas varían de 0,5 MΘ até 1,40 MΘ.

La temperatura del núcleo de la estrella varía de 5 10^6 K hasta 20 10^6 K.

Vamos a usar la siguiente ecuación, T = hc³/8πK_BGM.

K_B = hc³ / (8πTGM)

I. Para M = 0,5 MΘ = 0,5 x 2 10^{30} = 10^{30} kg

T = 5 10^6 K

K_Be = 6,63 10^{-34} x 27 10^{24} / 8 x 3,14 x 5 10^6 x 6,67 10^{-11} x 10^{30}

K_Be = 179,01 10^{-10} / 837,75 10^{25} = 0,2136 10^{-35}

K_Be = 2,136 10^{-36} J/K

D = K_B / K_Be, D = 1,38 10^{-23} / 2,136 10^{-36} = 0,646 10^{13}

D = 6,46 10^{12}

$D = Vc12 / Ve$, $Ve = Vc12 / D = 1{,}33 \times 3{,}13 \times 0{,}4218\ 10^{-30} / 6{,}46\ 10^{12}$

$Ve = 1{,}76\ 10^{-30} / 6{,}46\ 10^{12} = 0{,}272\ 10^{-42}$

- $Ve = 2{,}727\ 10^{-43}\ m^3$

II. Para $M = 1{,}4\ M\Theta = 1{,}4 \times 2\ 10^{30} = 2{,}8\ 10^{30}$ kg

$T = 20\ 10^{6}$ K

$K_BE = 6{,}63\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 20\ 10^{6} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 2{,}8\ 10^{30}$

$K_{Be} = 179{,}01\ 10^{-10} / 9382{,}82\ 10^{25} = 0{,}01907\ 10^{-35}$

$K_{Be} = 1{,}907\ 10^{-37}$ J/K

$D = K_B / K_{Be}$, $D = 1{,}38\ 10^{-23} / 1{,}907\ 10^{-37} = 0{,}7236\ 10^{14}$

$D = 7{,}236\ 10^{13}$

$D = Vc12 / Ve$, $Ve = (Vc12 / D) = 1{,}33 \times 3{,}13 \times 0{,}4218\ 10^{-30} / 7{,}236\ 10^{13}$

$Ve = 1{,}76\ 10^{-30} / 7{,}236\ 10^{13} = 0{,}2432\ 10^{-43}$

- $Ve = 2{,}432\ 10^{-44}\ m^3$

III. Para estrellas enanas blancas, la siguiente relación se mantiene:

$M = 0{,}5\ M\Theta$

T = 5 10^6 K

$K_{Be} = 2{,}136\ 10^{-36}$ J/K

$Vc12 = 1{,}76\ 10^{-30}\ m^3$, volumen del átomo C12, condiciones normales..

$Ve = 2{,}727\ 10^{-43}\ m^3$, volumen del átomo C12, presion de degeneracion-electrónica.

$D = 6{,}46\ 10^{12}$, factor de escala átomo C12.

$M = 1{,}4\ M\Theta$

$T = 20\ 10^{6}$ K

$K_{Be} = 1{,}907\ 10^{-37}$ J/K

$Vc12 = 1{,}76\ 10^{-30}\ m^3$, volumen del átomo C12, condiciones normales.

$Ve = 2{,}432\ 10^{-44}\ m^3$, volumen del átomo C12, presion de degeneracion-electrónica.

$D = 7{,}236\ 10^{13}$, factor de escala átomo C12.

Para los rangos de variación de masa y temperatura, determinamos que el factor de escala de la constante de Boltzmann varía de $D = 6{,}46\ 10^{12}$, que corresponde a $K_{Be} = 2{,}136\ 10^{-36}$ J/K, a $D = 7{,}236\ 10^{13}$, que corresponde a $K_{Be} = 1{,}907\ 10^{-37}$ J/K.

FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN ESTRELLAS DE NEUTRONES

Las masas de las estrellas de neutrones varían de 1,4 MΘ a 2,2 MΘ

La temperatura del núcleo de la estrella varía de 10^{11} K a 10^{12} K.

Vamos usar la siguiente ecuación, $T = hc^3 / (8\pi K_B GM)$

$K_B = hc^3 / (8\pi TGM)$

IV. Para M = 1,4 MΘ = 1,4 x 2 10^{30} = 2,8 10^{30} kg

T = 10^{11} K

K_{Bn} = 6,63 10^{-34} x 27 10^{24} / 8 x 3,14 x 10^{11} x 6,67 10^{-11} x 2,8 10^{30}

K_{Bn} = 179,01 10^{-10} / 469,14 10^{30} = 0,3815 10^{-40}

KBn = 3,815 10^{-41} J/K

D = K_B / K_{Bn}, D = 1,38 10^{-23} / 3,815 10^{-41} = 0,361 10^{18}

D = 3,61 10^{17}

D = Vc12 / Vn, Vn = (Vc12 / D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^{-30} / 3,61 10^{17}

Vn = 1,76 10^{-30} / 3,61 10^{17} = 0,4875 10^{-47}

- Vn = 4,875 10^{-48} m^3

V. Para M = 2,2 MΘ = 2,2 x 2 10^{30} = 4,4 10^{30} kg

T = 10^{12} K

K_{Bn} = 6,63 10^{-34} x 27 10^{24} / 8 x 3,14 x 10^{12} x 6,67 10^{-11} x 4,4 10^{30}

K_{Bn} = 179,01 10^{-10} / 737,22 10^{31} = 0,2428 10^{-41}

K_{Bn} = 2,42 10^{-42} J/K

D = K_B / K_{Bn}, D = 1,38 10^{-23} / 2,42 10^{-42} = 0,5702 10^{19}

D = 5,702 10^{18}

D = Vc12 / Vn, Vn = (Vc12 /D) = 1,33 x 3,13 x 0,4218 10^{-30} / 5,702 10^{18}

Vn = 1,76 10^{-30} / 5,702 10^{18}

Vn = 0,3086 10^{-48}

- Vn = 3,086 10^{-49} m^3

VI. Para las estrellas de neutrones, se cumple la siguiente relación:

M = 1,4 MΘ

$T = 10^{11}$ K

$K_{Bn} = 3{,}815\ 10^{-41}$ J/K

$V_{c12} = 1{,}76\ 10^{-30}\ m^3$, volumen del átomo C 12, condiciones normales.

$V_n = 4{,}875\ 10^{-48}\ m^3$, volumen del átomo C12, presión de degeneración- neutrones.

$D = 3{,}61\ 10^{17}$, factor de escala átomo C12.

M = 2,2 MΘ

$T = 10^{12}$ K

$K_{Bn} = 2{,}42\ 10^{-42}$ J/K

$V_{c12} = 1{,}76\ 10^{-30}\ m^3$, volumen del átomo C 12, condiciones normales.

$V_n = 3{,}086\ 10^{-49}\ m^3$, volumen del átomo C12, presión de degeneración- neutrones.

$D = 5{,}702\ 10^{18}$, factor de escala del átomo C12.

Para los rangos de masa y temperatura, determinamos que el factor de escala de la constante de Boltzmann varía de $D = 3{,}61\ 10^{17}$, que corresponde a $K_{Bn} = 3{,}815\ 10^{-41}$ J/K, a $D = 5{,}702\ 10^{18}$, que corresponde a $K_{Bn} = 2{,}42\ 10^{-42}$ J/K.

FACTOR DE ESCALA CONSTANTE DE BOLTZMANN PARA AGUJEROS NEGROS

La masa del agujero negro es 3,0 MΘ

La temperatura de un agujero negro em su formación es 10^{13} K

Vamos usar a siguiente ecuación, $T = hc^3 / (8\pi K_B G M)$.

$K_B = hc^3 / (8\pi T G M)$

Aquí es importante aclarar que la temperatura de un agujero negro se elige cuando se forma, $T = 10^{13}$ K, igual a la temperatura a la que, en colisiones de partículas, la materia forma la sopa de quarks y gluones.

$M = 3M\Theta = 3 \times 2\ 10^{30} = 6{,}0\ 10^{30}$ kg

$T = 10^{13}$ K

$K_{Bq} = 6{,}63\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / (8 \times 3{,}14 \times 10^{13} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6{,}0\ 10^{30})$

$K_{Bq} = 179{,}01\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{32} = 0{,}1780\ 10^{-42} = 1{,}78\ 10^{-43}$ j/k

$K_{Bq} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K constante de Boltzmann de un agujero negro.

$D = K_B / K_{Bq}$, $D = 1{,}38\ 10^{-23} / 1{,}780\ 10^{-43} = 0{,}7752\ 10^{20} = 7{,}752\ 10^{19}$

$D = 7{,}752\ 10^{19}$

$D = Vc12 / Vq$, $Vq = (Vc12 / D) = 1{,}33 \times 3{,}13 \times 0{,}4218\ 10^{-30} / 7{,}752\ 10^{19}$

$Vq = 1{,}76\ 10^{-30} / 7{,}752\ 10^{19} = 0{,}2270\ 10^{-49} = 2{,}270\ 10^{-50}\ m^3$

- $Vq = 2{,}270\ 10^{-50}\ m^3$, volumen del quark.

$V = (4/3) \times \pi \times R^3$, $R = \sqrt[3]{(V / 1{,}33 \times \pi)} = \sqrt[3]{(2{,}270\ 10^{-50} / 4{,}17)} = \sqrt[3]{0{,}5435\ 10^{-50}}$

$R = \sqrt[3]{5{,}435\ 10^{-51}} = 1{,}758\ 10^{-17}\ m$

$R = 1{,}758\ 10^{-17}$ m, corresponde al radio del quark cuando se forma um agujero negro

PORQUE LA IMPLEMENTACIÓN DEL FATOR DE CORRECCIÓN DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN ESTÁ CORRETA!

Existe confusión sobre los conceptos de calor y trabajo. Creemos que tal confusión está motivada por la amalgama de definiciones e ideas axiomáticas y empíricas que se mezclan cuando se le explica a alguien la termodinámica.

Definición de temperatura:

La temperatura es una medida del promedio de una clase de energía, la energía cinética de traslación.

Las moléculas tienen diferentes componentes en su energía. Las moléculas generalmente pueden hacer tres cosas:

1. Una molécula puede moverse. Entonces tendremos que su energía cinética será, $(1/2)mv^2$ (energía cinética de su centro de masa).

2. Una molécula puede rotar. Las moléculas generalmente tienen una estructura tridimensional y pueden tener diferentes rotaciones en diferentes direcciones en el espacio, lo que aporta energía.

3. Una molécula puede vibrar. Las moléculas son un conjunto de átomos que se mantienen unidos por enlaces químicos. Estos enlaces no son rígidos, sino que se comportan como “muelles” y la molécula puede sufrir vibraciones.

Lo que medimos con la temperatura es la energía cinética de traslación promedio de un conjunto de moléculas.

La temperatura no tiene en cuenta al resto de componentes, por lo que medir la temperatura no equivale a medir la energía interna de un sistema. O dicho de otro modo, dos sistemas con la misma temperatura no necesitan tener la misma energía interna.

Cuando se promedia generalmente, el resultado tiene las mismas dimensiones

y unidades que el concepto de promediar, y aquí "generalmente" se usa irónicamente. Entonces, ¿no deberíamos medir la temperatura en unidades de energía? La respuesta es sí, pero históricamente no nos dimos cuenta de que la temperatura era una medida de un componente energético de los sistemas hasta hace relativamente poco tiempo (desde el trabajo de Boltzmann y Gibbs).

En resumen, tenemos un problema histórico con las unidades de temperatura y aquí es donde entra la constante de Boltzmann (K_B), que no es más que el factor de conversión adecuado para pasar la temperatura en grados (lo que sea), que es una medida "antinatural". ", para unidades de energía, como Joules, por ejemplo.

La constante de Boltzmann es: 1,380 6488 (13) × 10^{-23} J/K (en el sistema internacional y con la escala de temperatura absoluta).

Como hemos visto, la constante de Boltzmann es simplemente un factor de proporcionalidad entre la temperatura medida en unidades de "temperatura" y las unidades de energía. En otras palabras, lo que en realidad hace dicha constante es corregir el malentendido de las unidades que asignamos a la temperatura.

En la escuela aprendimos que un gas ideal obedece a una ecuación muy simple que relaciona la presión, el volumen y la temperatura del gas con su contenido en moles.

$$PV = nRT$$

En esta ecuación tenemos una constante empírica (determinada por métodos experimentales), la constante de los gases R. Esta constante no es más que la constante de Boltzmann multiplicada por el número de Avogadro

$$R = K_B N_A$$

Es decir, la constante de Boltzmann y la constante de los gases son esencialmente las mismas, solo que una se refiere a un mol y la otra no.

Por lo tanto, la ecuación de los gases ideales se puede escribir:

$$PV = nN_A(K_B T)$$

El número de moles n veces el número de Avogadro N_A es una cantidad adimensional que simplemente te dice el número de partículas que tienes en el gas. Un mol es equivalente al número de componentes de un Avogadro; en realidad, un mol no es una unidad y tampoco lo es un radián, es solo un nombre útil para simplificar los conceptos.

Si ahora estudiamos las dimensiones de factor PV y factor $K_B T$, veremos como ambos tienen dimensiones de energia y todo es dimensionalmente consistente.

Con esto queríamos mostrar que la constante de Boltzmann no es una constante universal en el sentido de revelar una característica general del universo, como la velocidad de la luz o la constante de Planck. Esta constante es solo un artefacto de una mala elección de unidades de temperatura.

Usando la ecuación de los gases, realizaremos las siguientes pruebas:

ENSAYO Nº 1:

$PV = n N_A (K_B T) = cte$

$n N_A$ = nos dice el número de partículas que tiene un gas.

- PV = cte, supongamos que el número de partículas aumenta por un factor de 10^{10}, como en el caso de estrellas enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros.

$PV = (10^{10} n N_A) \times (K_B T) = cte$

En estas condiciones, para que PV = cte se tiene que cumplir K_B ↓disminuye o T ↓disminuye.

Actualmente, para calcular la temperatura de los agujeros negros, se utiliza la ecuación de temperatura de radiación de Hawking $T = hc^3 / (8\pi K_B GM)$; Se considera K_B = cte, esto implica que T ↓ tiene que disminuir. Esto es cierto y hemos observado que la mayoría de los agujeros negros tienen una temperatura de aproximadamente 0 K, para $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K.

- PV / T = cte, supongamos que el número de partículas aumenta en un factor de 10^{10}, como en las estrellas enanas blancas, las estrellas de neutrones y los agujeros negros.

$PV / T = (10^{10} n N_A) \times (K_B) = cte$

Nesse caso, se considerarmos que o número de partículas aumenta por um fator de 10^{10}, a única maneira de PV / T = cte é que K_B ↓, a constante de Boltzmann diminuya.

De esto deducimos, para un gas ideal, a la misma presión, volumen y temperatura, es cierto que la constante de Boltzmann debe disminuir cada vez que aumenta el número de partículas que tiene un gas.

Cuando analizamos estrellas enanas blancas (presión de degeneración de electrones), estrellas de neutrones (presión de degeneración de neutrones) y agujeros negros (sopa de quarks-gluones), en todos estos casos el tamaño del átomo que define la constante de Boltzmann se reduce de su valor normal, ya sea al nivel del núcleo del átomo

o al nivel de los quarks, por lo que introdujimos el factor de corrección de escala para compensar esta diferencia. Esto equivale a suponer que, a igualdad de presión, volumen y temperatura, aumentamos el número de partículas, lo que lleva a una disminución de la constante de Boltzmann por lo que se sigue cumpliendo PV/T = cte.

Esto también se puede interpretar como que el número de Avogadro aumenta proporcionalmente al factor de corrección de escala, ya que representa la diferencia en el tamaño del átomo resultante con respecto al tamaño del átomo original.

Ahora comentaremos el artículo cuya referencia, https://arxiv.org/abs/1908.09728, explica cómo se genera el plasma de quarks y gluones en el LHC, al chocar átomos de plomo con una energía del orden de 5,0 TeV que produce un plasma de quarks y gluones con una energía del orden de 222 MeV y una temperatura aproximada del orden de 10^{12} K.

Esta información es un pilar fundamental en esta monografía y se utiliza como base para considerar a los agujeros negros como una estrella de quarks y gluones que se forman cuando la estrella supera una temperatura de 10^{13} kelvin y una densidad crítica de 1,31 10^{20} kg/m^3; esto produce un colapso gravitatorio en el que el espacio se reduce por un factor de 10^{15} veces en las tres dimensiones (10^5 veces en una dimensión). Como resultado de esta contracción, en su interior sólo actúan las fuerzas gravitatorias y la fuerza fuerte. Las fuerzas electromagnéticas y débiles no existen en estas estrellas, desaparecen cuando se forman agujeros negros; estamos en la escala de quarks, 10^{-17} m. La contracción del espacio-tiempo por un factor de 10^5 veces en una dimensión actúa como un filtro que elimina los campos de fuerza electromagnéticos y los campos de fuerza débiles.

En base a esta información, consideramos que un agujero negro estelar sería una estrella quark-gluón cuya temperatura al formarse sería de aproximadamente 10^{13} K. Para ello, introducimos el factor de corrección de escala constante de Boltzmann, que nos permite correlacionar que efectivamente la temperatura de un agujero negro estelar en el momento de su formación está relacionado o corresponde a la temperatura del plasma de quarks-gluones producido en el LHC.

ENSAYO Nº 2:

- **Calcularemos el factor de escala de la constante de Boltzmann para el caso de un agujero negro y lo relacionaremos con el factor de contracción**

La constante de Boltzmann se define de la siguiente manera:

$K_B = R/N$ donde $R = 8{,}314$ J/(k.mol) e $N = 6{,}022\ 10^{23}$ 1/mol

$K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K

N se llama número de Avogadro y para 1 mol de carbono 12 hay $6{,}022\ 10^{23}$ átomos.

Como se ha descrito, la constante de Boltzmann se define para 1 mol de carbono 12 y corresponde a $6{,}0221\ 10^{23}$ átomos.

$Rc12 = 0{,}75\ 10^{-10}$ m, radio del átomo C12.

$Rq = 0{,}43\ 10^{-16}$ m, radio del quark

$Vc12 = 4/3\ \pi\ R^3 = 4/3 \times 3{,}14 \times (0{,}75\ 10^{-10})^3 = 1{,}76\ 10^{-30}\ m^3$, volumen del átomo C12

$Vq = 4/3\ \pi\ R^3 = 4/3 \times 3{,}14 \times (0{,}43\ 10^{-16})^3 = 0{,}33\ 10^{-48}\ m^3$

$D = Vc12 / Vq = 1{,}76\ 10^{-30} / 0{,}33\ 10^{-48} = 5{,}33\ 10^{18}$

$D = 5{,}33\ 10^{18}$, factor de escala de la constante de Boltzmann, escala do quark

$K_{Bq} = K_B / D = 1{,}38\ 10^{-23} / 5{,}33\ 10^{18} = 0{,}25\ 10^{-41}$ J/K

$K_{Bq} = 0{,}25\ 10^{-41}$ J/K, constante de Boltzmann escala nivel del quark.

Aquí asumimos el radio del quark dado por el acelerador alemán HERA (Hadron-Elektron-Ringanlage) en el año 2016, cuyo artículo se encuentra publicado en la siguiente dirección de internet: https://arxiv.org/pdf/1604,01280.pdf

- **Ahora consideraremos el sol y calculemos el factor de contracción que sufre para formar un agujero negro**

$Rsol = 695{,}800.000$ mts $= 6{,}958\ 10^{8}$ m

$Vsol = 4/3\ \pi\ R^3 = 1{,}33 \times 3{,}14 \times (6{,}958\ 10^{8})^3 = 4{,}18 \times 336{,}86\ 10^{24}$

$Vsol = 1408{,}08\ 10^{24}\ m^3$

Calculemos el radio de Schwarzschild del sol.

$Rs = 2GM/C^2$

Masa del sol $= 1{,}98\ 10^{30}$ kg

$Rs = 2GM/C^2 = (2 \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 1{,}98\ 10^{30}) / 9\ 10^{16}$

$Rs = 26{,}41\ 10^{19} / 9\ 10^{16} = 2{,}93\ 10^{3}$

$Rs = 2{,}93\ 10^{3}$ m

$V_{BH} = 4/3\ \pi\ R^3 = 1{,}33 \times 3{,}14 \times (2{,}93\ 10^{3})^3 = 4{,}18 \times 25{,}15\ 10^{9} = 105{,}14\ 10^{9}$

$V_{BH} = 105{,}14\ 10^{9}\ m^3$

Factor de contracción de un agujero negro.

$Fc = Vsol / V_{BH} = 1408,08\ 10^{24} / 105,14\ 10^{9} = 13,39\ 10^{15} = 1,339\ 10^{16}$

$Fc = 13,39\ 10^{15}$, factor de contracción de una estrella para formar un agujero negro.

$Fc = 2,37\ 10^{5}$ en una dimensión.

$D = 5,33\ 10^{18}$, factor de escala de la constante de Boltzmann del quark.
$Fc = 1,339\ 10^{16}$, factor de contracción de una estrella para formar un agujero negro.

- Ahora vamos a realizar los cálculos usando la ecuación de longitud gravitacional característica

$Lc = GM / C^2$, longitud característica de un cuerpo de masa M.

$RLc = GM / 2C^2 = (6,67\ 10^{-11} \times 1,98\ 10^{30}) / 18\ 10^{16} = 13,20\ 10^{19} / 18\ 10^{16}$

$RLc = 0,73\ 10^{3}$ m

$V_{BH} = 4/3\ \pi\ R^3 = 1,33 \times 3,14 \times (0,73\ 10^{3})^3 = 4,18 \times 0,38\ 10^{9} = 1,62\ 10^{9}$

$V_{BH} = 1,62\ 10^{9}\ m^3$

$Fc = Vsol / V_{BH} = 1408,08\ 10^{24} / 1,62\ 10^{9} = 869,18\ 10^{15} = 8,69\ 10^{17}$

$Fc = 8,69\ 10^{17}$

$Fc = 8,69\ 10^{17}$, factor de contracción de una estrella para formar un agujero negro.

Para Fc entre $1,339\ 10^{16}$ y $8,69\ 10^{17}$ podemos decir que los campos de fuerza electromagnética y los campos de fuerza débil desaparecen y para valores más altos de contracción solo quedan los campos de fuerza fuerte y los campos de fuerza gravitacionales.

- **Ahora calcularemos el factor de escala D y el radio del quark usando la ecuación de Hawking para la temperatura**

A masa del buraco negro é 3,0 M_Θ

La temperatura de un agujero negro en su formación es 10^{13} K

Usemos la siguiente ecuación, $T = hc^3 / (8\pi K_B GM)$

$K_B = hc^3 / (8\pi TGM)$

Aquí es importante aclarar que la temperatura de un agujero negro se elige cuando se forma, $T = 10^{13}$ K, igual a la temperatura a la que en colisiones de partículas, la materia forma la sopa de quarks y gluones.

$M = 3M_\Theta = 3 \times 2\ 10^{30} = 6,0\ 10^{30}$ kg

$T = 10^{13}$ K

$K_{Bq} = 6{,}63\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 10^{13} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6{,}0\ 10^{30}$

$K_{Bq} = 179{,}01\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{32} = 0{,}1780\ 10^{-42}$

$K_{Bq} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, constante de Boltzmann de un agujero negro.

$D = K_B / K_{Bq}$, $D = 1{,}38\ 10^{-23} / 1{,}780\ 10^{-43} = 0{,}7752\ 10^{20} = 7{,}752\ 10^{19}$

$D = 7{,}752\ 10^{19}$

$D = 7{,}752\ 10^{19}$, *fator de escala constante de Boltzmann del quark.*

$D = Vc12 / Vq$, $Vq = (Vc12 / D) = 1{,}33 \times 3{,}13 \times 0{,}4218\ 10^{-30} / 7{,}752\ 10^{19}$

$Vq = 1{,}76\ 10^{-30} / 7{,}752\ 10^{19} = 0{,}2270\ 10^{-49} = 2{,}270\ 10^{-50}\ m^3$

- $Vq = 2{,}270\ 10^{-50}\ m^3$, volumen del quark.

$V = (4/3) \times \pi \times R^3$, $R = \sqrt[3]{(V/ 1{,}33 \times \pi)} = \sqrt[3]{(2{,}270\ 10^{-50} / 4{,}17)} = \sqrt[3]{0{,}5435\ 10^{-50}}$

$R = \sqrt[3]{5{,}435\ 10^{-51}} = 1{,}758\ 10^{-17}$ m

$R = 1{,}758\ 10^{-17}$ m, corresponde al radio del quark cuando se forma el agujero negro.

Después de haber hecho todos estos cálculos de evaluación, concluyamos o tomemos como verdaderos los siguientes valores simplemente porque tienen en cuenta condiciones extremas de presión, volumen, temperatura, etc. que ocurren para formar un agujero negro.

$K_{Bq} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, constante de Boltzmann escala del quark (Black Hole).
$D = 7{,}752\ 10^{19}$, factor de escala constante de Boltzmann escala del quark.
$R = 1{,}758\ 10^{-17}$ m, radio del quark cuando se forma un agujero negro.
$Fc = 8{,}69\ 10^{17}$, factor de contracción de una estrella para formar un agujero negro.

CONCLUCIÓN

El factor de escala de la constante de Boltzmann D, coincide aproximadamente con el factor de contracción de una estrella para formar un agujero negro Fc, y con este argumento, podemos decir intuitivamente que el Big Bang es el proceso por el cual el espacio-tiempo recupera su tamaño original, es decir, durante el Big Bang, se recupera todo el espacio-tiempo que se comprimió para formar un agujero negro. La diferencia entre el

factor de escala D y el factor de contracción Fc posiblemente se deba a la energía disipada gravitatoria y térmicamente durante la expansión del espacio-tiempo del Big Bang en forma de ondas gravitatorias, ondas electromagnéticas o cualquier otra forma de energía que pudiera existir. Posteriormente calcularemos el factor de expansión Fe.

BIG BANG COMO IMPULSO DE ENERGÍA INFINITA - FUNCIÓN DELTA DE DIRAC &(T)

Generalmente, cuando buscamos información científica sobre el Big Bang, esta información describe la historia del Big Bang como una película que se está rebobinando, es decir, tratamos de describir toda su historia evolutiva y científica desde la actualidad hasta el momento t = 0 s, para entender el origen de nuestro universo. En este artículo, comenzaremos describiendo el origen del Big Bang y analizaremos científicamente cómo ha evolucionado nuestro universo hasta el día de hoy. Para ello, supondremos la siguiente hipótesis:

Hipótesis n.º 1: Big Bang - impulso de energía infinito

En base a esta hipótesis, comenzaremos analizando la función impulso.

Definamos la función impulso &(X) o también llamada función delta de Dirac.

&(x) = {∞, x = 0^0, x ≠ 0}

Representação gráfica da função de impulso.

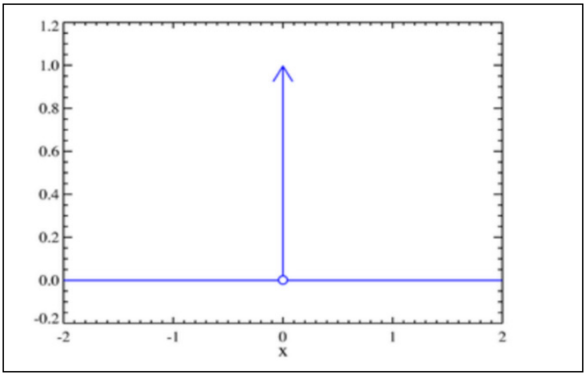


Figura 1

Vemos que para t = 0 el valor de la función impulso tiende a infinito y que para t ≠ 0 el valor es 0. Según lo dicho podemos hacer una analogía con la explosión del Big Bang y decir que en el tiempo t = 0, su explosión se comportaría como un pulso de energía infinita. Si analizamos el espectro de amplitud y fase de la transformada de Fourier de la función impulso, vemos que el espectro de amplitud es igual a K para todas las frecuencias y el espectro de fase es igual a 0 para todas las frecuencias. Nuevamente haciendo una analogía entre el impulso y el estallido de energía del Big Bang liberado en el tiempo t = 0, podemos decir que para todas las frecuencias el espectro de amplitud es constante y el

espectro de fase es cero.

Intentemos aclarar lo explicado y digamos que en t = 0, en el momento de la explosión del Big Bang, la enorme cantidad de energía liberada genera infinitas ondas de energía (espectro de frecuencia infinito) que se propagarán por el espacio en todas las direcciones, cada onda con la misma amplitud y la misma fase. Para que el espectro de amplitud sea constante y el espectro de fase nulo, inferiremos que el espacio-tiempo en el que se propagan las ondas debe ser isótropo y homogéneo.

Estamos ante un sistema de fase 0.

Hipótesis nº 2: El Big Bang ocurre cuando explota un agujero negro

Hipótesis nº 3: Cuando explota un agujero negro, el universo ya existe

Como se establece en la Hipótesis nº 2, el Big Bang ocurre cuando explota un agujero negro. Si analizamos nuestra teoría actual del universo, los agujeros negros existen en nuestro universo, por lo tanto, podemos afirmar que lo establecido en la Hipótesis nº 3 es cierto. Teniendo en cuenta los supuestos en la Hipótesis n° 1, n° 2 y n° 3, vamos a definir que nuestro agujero negro se comporta como un circuito eléctrico RC. Analizaremos el comportamiento del circuito RC cuando aplicamos un impulso unitario a la entrada y describiremos el comportamiento de la respuesta del sistema en el dominio de la frecuencia analizando el espectro de amplitud y fase.

También introduciremos el concepto de convolución y para ello haremos la siguiente analogía. Cuando hacemos estudios de exploración sísmica para buscar gas o petróleo y usamos dinamita como fuente de energía, la señal que captamos en nuestros sensores sísmicos es el resultado de la energía liberada al explotar la dinamita que se mezcla o convoluciona con las características físicas de la tierra. Si analizamos las señales captadas por los geófonos en el dominio de la frecuencia, vemos que los espectros de amplitud y fase dependen de las características físicas de la tierra. Estamos tratando con un sistema de fase mínima de tipo causal.

Asimismo, consideraremos la explosión de la dinamita como la explosión de un agujero negro y las características físicas de la Tierra análogas a las características físicas del espacio-tiempo de nuestro universo que envuelve el agujero negro. De acuerdo a lo anterior, podemos decir que la energía liberada y producida por el Big Bang se mezcla o convoluciona con las características físicas del universo existente para producir infinitas ondas de energía que se propagan a través del espacio-tiempo (espectro de ondas gravitacionales), cuyo espectro de amplitud y fase en el dominio de la frecuencia, dependerán de las características físicas del espacio-tiempo en el momento de la explosión en analogía con las características físicas de la Tierra.

- **Espectro de amplitud:** indica aquellas componentes armónicas, que combinadas producen la señal en el momento que estamos observando.

- **Espectro de fase:** es cómo se relacionan estos componentes armónicos dentro del ancho de banda. El espectro de fase tiene que ver con la forma de onda.

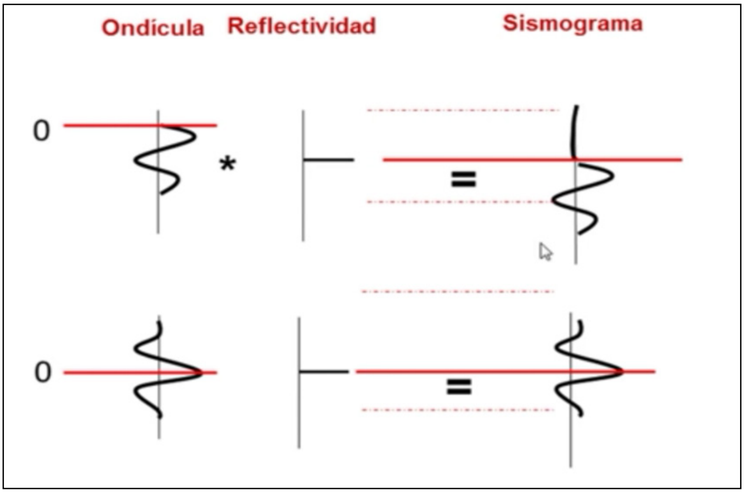


Figura 2

En la Figura 2 se observa una ondícula con fase mínima en el gráfico superior y una ondícula con fase cero en el gráfico inferior.

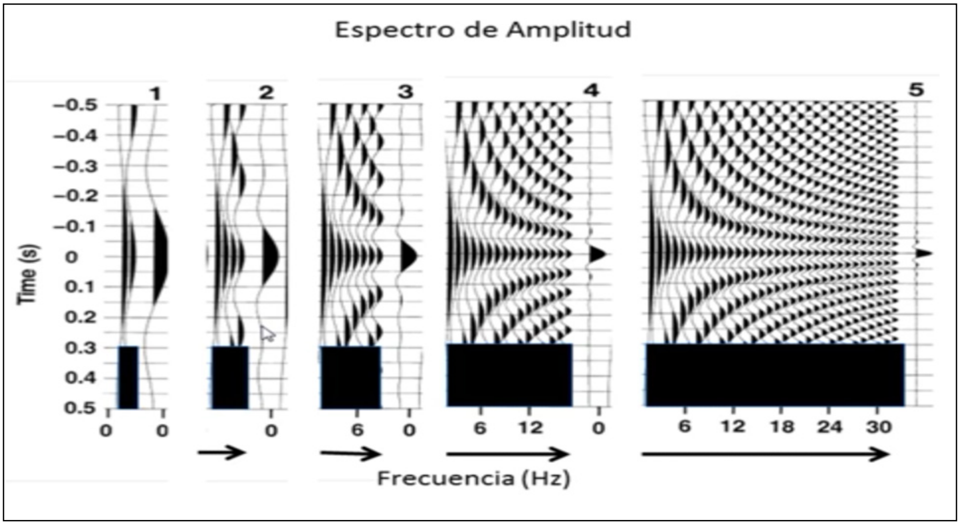


Figura 3

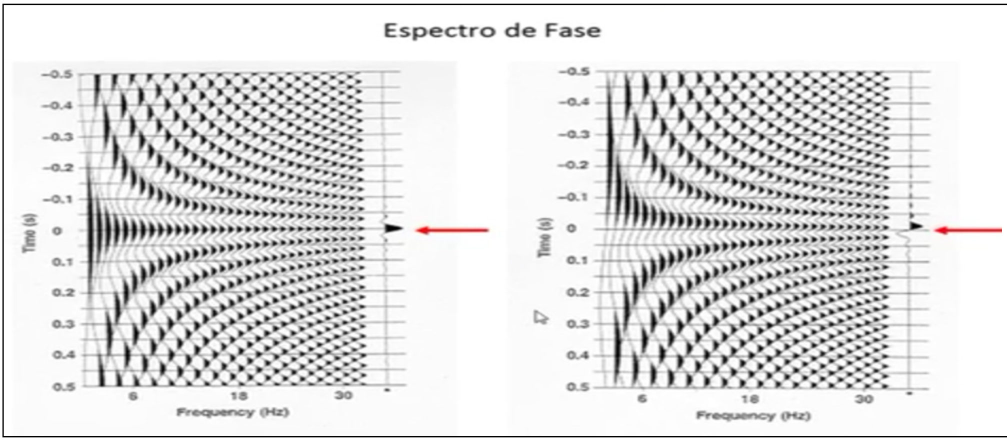


Figura 4

- **Fase mínima:** la principal característica de un sistema de fase mínima es que la energía llega lo más rápido posible. La fase de una ondícula de fase mínima es más pequeña y su energía se acumula más rápido (es decir, es un retraso mínimo) que para cualquier otra ondulación causal con el mismo espectro de amplitud.

- **Fase cero:** una ondícula de fase cero tiene una fase idéntica a cero, es simétrica con respecto a cero, y no es un sistema causal.

Conclución nº 1: *si analizamos el hecho de que consideramos al Big Bang como un impulso de energía infinita, que se propaga en todas direcciones en el espacio-tiempo y si observamos el espectro de amplitud y fase en el dominio de la frecuencia, podemos determinar y concluir que el Big Bang desde su inicio tiene naturaleza cuántica, es decir, el Big Bang genera un espectro de ondas gravitacionales, de fase mínima, causal, cuyo espectro de amplitud y fase analizaremos más adelante cuando resolvamos el circuito eléctrico equivalente RLC del Big Bang, quien definirá cómo se comportará el espectro de amplitud y fase en el início de nuestro universo local.*

A continuación, desarrollaremos paso a paso lo dicho anteriormente y describiremos y analizaremos las conclusiones obtenidas.

ANÁLISIS DEL CIRCUITO RC (CIRCUITO ELÉCTRICO DE UN AGUJERO NEGRO)

1 I ANÁLISIS DE DESCARGA DE UN CIRCUITO RC (RESPUESTA AL IMPULSO)

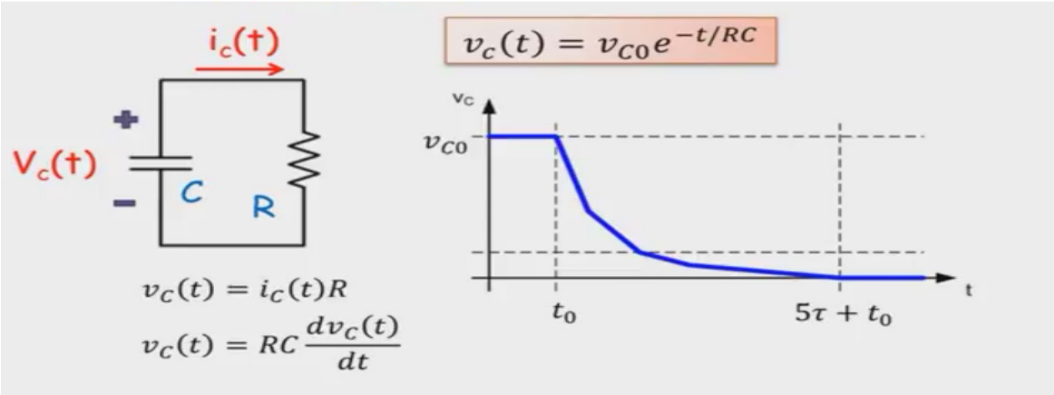


Figura 5

Nuevamente, continuemos con las analogías y en este supuesto consideraremos un agujero negro como un circuito RC que se muestra en la Figura 5. Para t = t0 comienza la descarga del capacitor que es equivalente al instante en que el agujero negro explota y libera su energía al espacio-tiempo. Se observa que luego del instante t = t0 el capacitor comienza a descargarse y se observa que la respuesta de descarga del capacitor es exponencial cuya tensión tiende a 0 (Vc ---> 0), cuando el tiempo tiende a infinito (t ---> ∞). La constante de tiempo que descarga el circuito está representada por τ = RC y es un parámetro muy importante porque nos da la tasa de descarga del circuito; sabemos que para t = 5τ se ha descargado aproximadamente el 100% de la energía del capacitor.

Ahora vamos a interpretar lo que significan las constantes R y C relacionadas con el circuito eléctrico del agujero negro: intuitivamente podemos interpretar lo siguiente, la constante C del circuito RC estaría relacionada con el potencial gravitatorio en el agujero negro, en analogía al potencial eléctrico almacenado en el capacitor. La constante R del circuito RC estaría relacionada con el calor térmico del agujero negro, temperatura, en analogía a la resistencia R de un circuito eléctrico RC.

Ahora pasemos al dominio de la frecuencia para interpretar el comportamiento del espectro de amplitud y el espectro de fase del circuito RC.

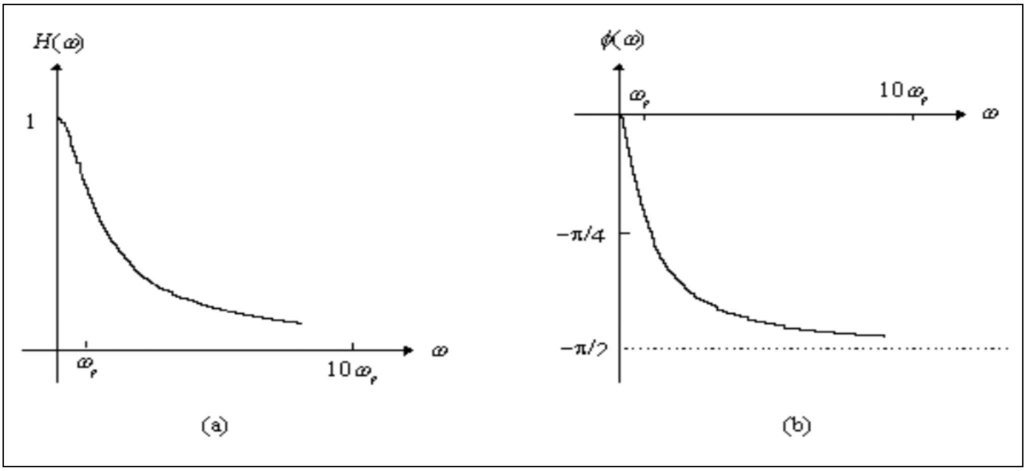


Figura 6 – Diagrama de amplitude (a) e de fase (b) da resposta em frequência.

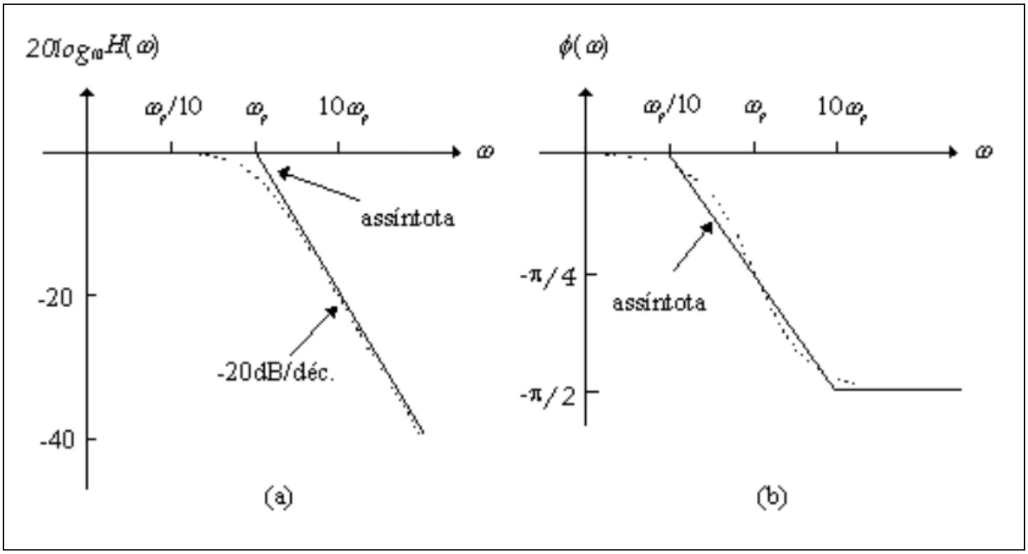


Figura 7 – Diagrama de Bode de amplitude (a) e de fase (b).

Se observa que el circuito RC actúa como un circuito paso bajo.

H(ω)c ---> 1 cuando ϕ(ω)c ----> 0 para ω = 0

H(ω)c ---> 0 cuando ϕ(ω)c ----> - 90 para ω = ∞

A continuación, presentaremos el concepto de convolución y trataremos de analizar las principales características de la señal de salida que resulta de la convolución de la señal que corresponde al agujero negro (circuito eléctrico RC) y el medio a través del cual se libera la energía, propaga, tras la explosión. En este caso también utilizaremos la analogía

para obtener la señal de salida que resulta de la convolución de la señal del impulso de energía al explotar la dinamita con las características físicas del terreno y de esta forma analizar y obtener conclusiones útiles.

Convolución

La respuesta impulso o respuesta impulsiva es el comportamiento dinámico de un sistema cuando en su entrada se coloca un dirac ($\boldsymbol{\delta(t)}$) o impulso. Y a través de esta respuesta podremos caracterizar una función de transferencia y poder conocer el comportamiento del sistema ante cualquier tipo de entrada que se aplique.



Llegamos a la señal impulso

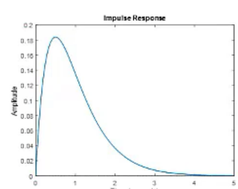


$$\delta(t) = \underset{T\to 0}{Lim}\ u(t) = \underset{T\to 0}{Lim} \begin{cases} 1/T & 0 \leq t \leq T \\ 0 & t > T \end{cases}$$

$$\delta(t) \begin{cases} \infty & t = a \\ 0 & t \neq a \end{cases}$$

Aplicando el Impulso a cualquier sistema





Convolución

$$y(t) = g(t) * u(t) = \int_0^{\infty} g(t-\tau)u(\tau)d\tau = \int_0^{\infty} g(\tau)u(t-\tau)d\tau$$

Transformada de Laplace

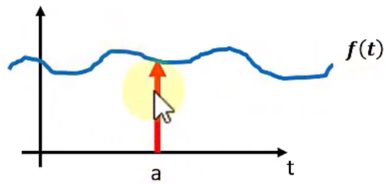
$$Y(s) = G(s)U(s)$$

Si tenemos la siguiente función multiplicando el delta de Dirac

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t-a)dt$$

como la función es cero para todo valor diferente de a, puede reescribirse la integral de la siguiente forma:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(a)\delta(t-a)dt \quad \Rightarrow \quad f(a)\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-a)dt = f(a)$$



La transformada de Laplace de la función impulso viene dado por:

$$\mathscr{L}\{\delta(t-a)\} = \int_{0}^{\infty} \delta(t-a)e^{-st}dt$$

$$\mathscr{L}\{\delta(t-a)\} = e^{-st}|_{t=a} = e^{-at}$$

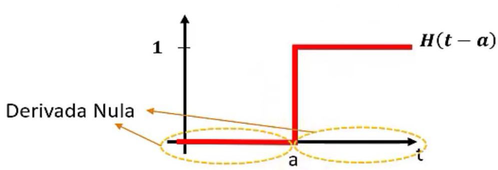
Caso Particular

$$\mathscr{L}\{\delta(t)\} = 1$$

la función de Delta de Dirac, puede ser vista como la derivada del escalón unitario (función de Heaviside)

$$\delta(t-a) = \frac{d}{dt}H(t-a)$$

Dado que la función escalón unitario viene representada por la siguiente función



Usemos el concepto de convolución para entender y definir algunas características importantes de nuestro universo, analizaremos la siguiente relación:

Y(t) = g(t) * u(t)

Usemos la siguiente analogía comparativa:

Y(t) = Energia que se espalha pelo universo na forma de ondas gravitacionais e calor.	**y(t)** = Energia que se espalha pela terra na forma de vibração mecânica e térmica.
u(t) = Impulso de energia (descarrega circuito RC).	**u(t)** = Impulso de energia (dinamita).
g(t) = Características físicas do espaço-tempo.	**g(t)** = características físicas do terreno.

Primero, tenemos que tener claro que en ambos sistemas en el tiempo t = 0 cuando ocurre el Big Bang o cuando se detona la dinamita, la explosión produce ondas y calor; en el caso de la dinamita, serán ondas de vibración mecánica las que se propagarán en la tierra y en el caso del Big Bang ocurrirán ondas gravitacionales y expansión del espacio-tiempo, las cuales se propagarán en el espacio-tiempo (universo existente).

En sistemas que utilizan explosivos, cuando se produce la detonación, la energía generada se transfiere a la tierra con el menor retraso posible, es decir, se comporta como un sistema causal de fase mínima. Cuando analizamos el espectro de amplitud y fase de la señal que se registra en los sensores y(t), se observa que el espectro de amplitud y fase depende de las características del terreno.

Asimismo, si consideramos el Big Bang y el universo existente en t = 0; la energía que produce el Big Bang en forma de ondas gravitacionales y radiación, debe ser transferida al universo existente (espacio-tiempo) con el mínimo retraso posible, en el mínimo tiempo, es decir, debe comportarse como un sistema causal de fase mínima .

> La diferencia de fase es análoga a dos atletas que corren en una pista de atletismo a la misma velocidad y dirección, pero comenzando desde diferentes posiciones en la pista. Pasan por un punto en diferentes instantes de tiempo, pero la diferencia de tiempo (diferencia de fase) entre ellos es una constante. Si estuvieran a diferentes velocidades (diferentes frecuencias), la diferencia de fase no está definida y solo reflejaría diferentes posiciones iniciales. Técnicamente, la diferencia de fase entre dos entidades a frecuencias variables no está definida y no existe.

Si consideramos la señal de impulso ideal discutida anteriormente en el dominio de la frecuencia, Figura 1, el espectro de amplitud es constante con valor K y el espectro de fase es cero. El espectro de fase nos dice que las infinitas frecuencias generadas para t = 0 comienzan a propagarse al mismo tiempo y no tienen retraso. Se comporta como un sistema de fase 0 no causal, es decir, el espacio-tiempo se expande de la misma manera en todas las direcciones, ver figura 4.

Ahora analicemos la respuesta al impulso del circuito RC (agujero negro) y pondremos énfasis en el espectro de fase en el dominio de la frecuencia. Vemos que para $\omega = 0$ la fase es 0 (cero) y a medida que aumenta la frecuencia, es decir tiende a infinito, la fase tiende a $- \Pi / 2$ (-90 grados). Esta diferencia de fase de 0 grados a -90 grados nos da una diferencia de tiempo (offset) con respecto a $t = 0$, es decir, introduce un retardo de tiempo que varía con la frecuencia. Estamos ante un sistema causal y de fase mínima, es decir, la energía liberada por el Big Bang no se transfiere al medio que lo rodea (espacio-tiempo, universo) de forma instantánea, hay un retardo mínimo y depende principalmente de nuestra modelo eléctrico del agujero negro y las características físicas del entorno (espacio-tiempo, universo) en el que se propaga la energía liberada.

En sísmica, cuando se trabaja con explosivos, la señal captada por los sensores depende de las características físicas del terreno, por ejemplo, la velocidad de propagación de la onda mecánica vibratoria producida por la explosión depende del terreno en el que se propagan, para cada uno de ellos como arena, arcilla o roca, la velocidad es diferente y aumenta a medida que aumentan las características rígidas del terreno. Con esto definimos que el índice de refracción del suelo determina la velocidad de propagación.

Definición del índice de refracción:

El índice de refracción (**n**) está definido como el cociente de la velocidad (**c**) con respecto a la velocidad de fase ($\mathbf{v_p}$) de un fenómeno ondulatorio como luz o sonido en un medio de referencia:

$$n = \frac{c}{v_\mathrm{p}}.$$

Generalmente se utiliza la velocidad de la luz en el vacío (c) como medio de referencia para cualquier materia, aunque durante la historia se han utilizado otras referencias, como la velocidad de la luz en el aire. En el caso de la luz, es igual a:

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r},$$

Donde ε_r es la permitividad relativa del material, y μ_r es su permeabilidad electromagnética relativa. Para la mayoría de los materiales, μ_r es muy cercano a 1 en frecuencias ópticas, es decir, luz visible, por lo tanto, **n** es aproximadamente $\sqrt{\epsilon_r}$.

Cuando analizamos la respuesta de descarga del circuito RC (Big Bang), observamos que la energía almacenada en el capacitor se descarga exponencialmente y su respuesta tiende a cero a medida que el tiempo tiende a infinito, con una tasa de descarga proporcional a la constante τ = RC del circuito

Aquí haremos una pausa y consideraremos la siguiente hipótesis:

Hipótesis nº 4: *Suponemos que hay dos (2) velocidades completamente diferentes, la velocidad de propagación gravitacional* C_G y la *propagación electromagnética* C_ε.

Hipótesis nº 5: La velocidad de propagación de las ondas gravitacionales C_G no es constante y su valor mínimo correspondería a la velocidad electromagnética de la luz C_ε = 300.000 km/s.

Hipótesis nº 6: *Para T > 10^{13} K (kelvin), dentro de un agujero negro, las ondas de energía gravitacionales cambian las dimensiones del espacio-tiempo, comprimiéndose; en el caso del Big Bang, las ondas de energía gravitacionales cambian las dimensiones del*

espacio-tiempo estirandose, de manera análoga a lo que ocurre con la teoría de la inflación.

Hipótesis nº 7: *Dentro de un agujero negro, para $T > 10^{13}$ K (kelvin), la energía viene dada por la suma de la energía de los campos de fuerza gravitacional y los campos de fuerza fuerte. Las interacciones de los campos de fuerza débiles y la fuerza electromagnética desaparecen o se unen a la fuerza fuerte, dejan de existir de forma independiente.*

Decimos que la gravedad de un agujero negro es tan grande que no deja salir la luz, pero no podemos explicar por qué la fuerza de la gravedad continúa actuando fuera del horizonte de sucesos si resulta que la velocidad de las ondas gravitacionales es la misma que la velocidad de las ondas electromagnéticas. Esto se entendería si fuera cierto que dentro de un agujero negro, el campo de la fuerza electromagnética y el campo de la fuerza débil dejaran de existir.

Hipótese nº 8: *Consideramos $T = 10^{13}$ K (kelvin), como uma temperatura crítica.*

Hipótese nº 9: *Hay dos (2) longitudes de onda de Planck, una para las ondas gravitacionales Lp_G y otra para las ondas electromagnéticas Lp_ε y son diferentes, es decir, $Lp_G \neq Lp_\varepsilon$ y $Lp_G < Lp_\varepsilon$; Las constantes electromagnética y gravitacional de Planck son las mismas, $hp_G = hp_\varepsilon = h$*

$E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon = (h \times C_\varepsilon) / \lambda_\varepsilon$, fuera de un agujero negro.
$E_G = h \times f_G = (h \times C_G) / \lambda_G$, en el interior de un agujero negro.

CONCLUCIÓN Nº 2

La respuesta al sistema que resulta de la convolución de la Señal que se genera cuando explota un agujero negro (Big Bang) junto con las características físicas del universo existente, tiene que ser de fase mínima; esto se interpreta como la afirmación de que la energía generada en la explosión no se transmite instantáneamente al espacio-tiempo (universo), es decir, existe un retardo de tiempo mínimo que depende de la frecuencia. Para cada frecuencia existe un retardo de tiempo y este corresponde a una diferencia ΔX en el desplazamiento respecto al tiempo $t = 0$, origen de la explosión. Esta es posiblemente la causa de la energía oscura y las discrepancias en la constante de Hubble.

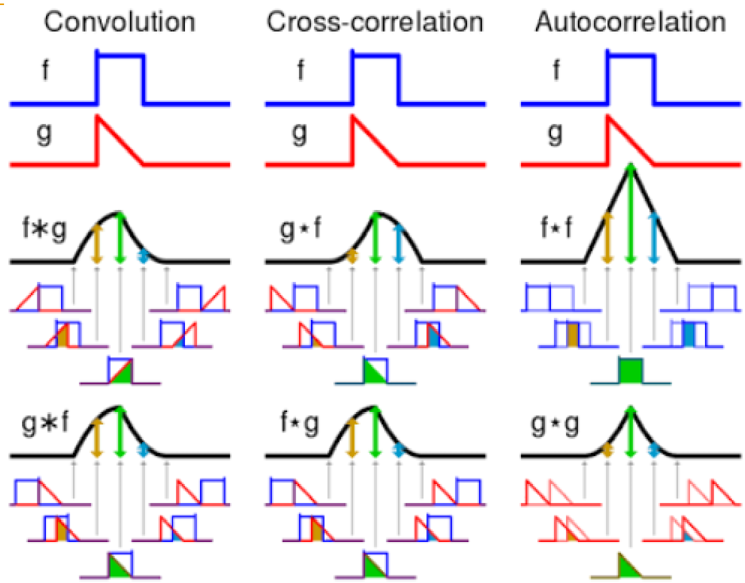


Figura 8 – Ejemplos gráficos de convolución, correlación cruzada y autocorrelación.

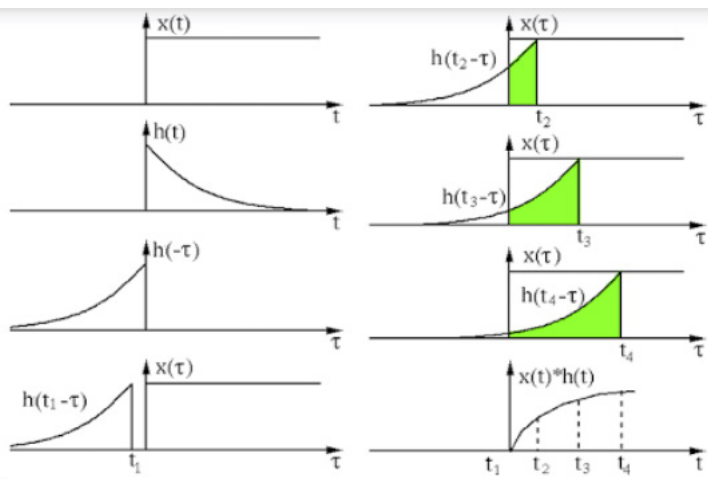


Figura 9 – Ejemplo de convolución de la función X(t) con la función h(t).

2 | ANÁLISIS DE CARGA DE UN CIRCUITO RC (CRECIMIENTO DE UN AGUJERO NEGRO)

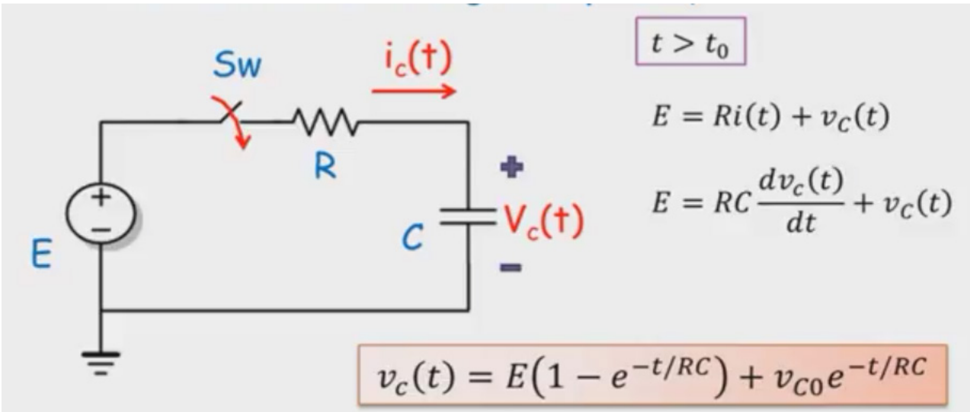


Figura 10

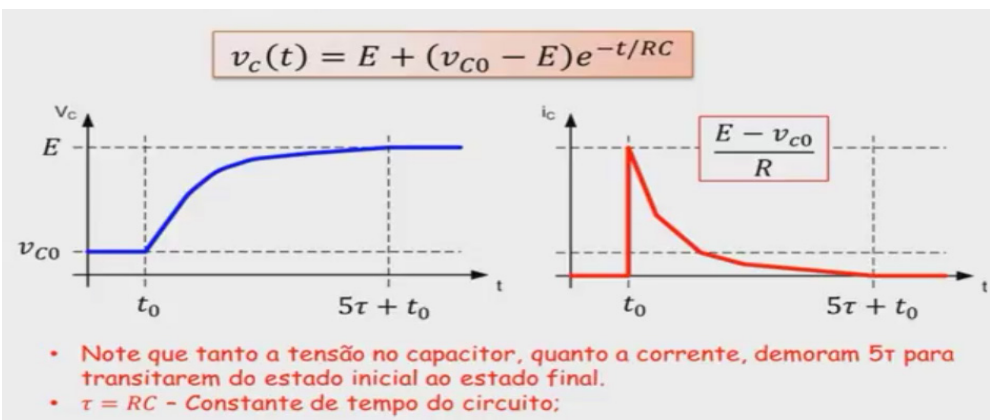


Figura 11

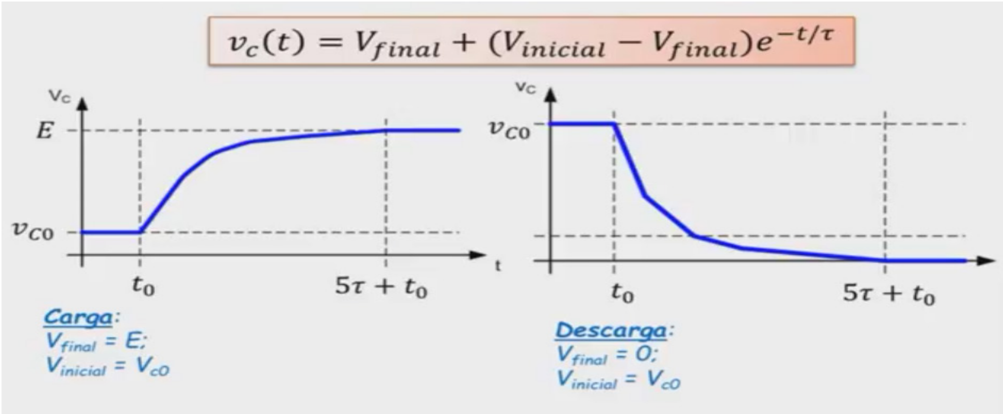


Figura 12 – Ecuación genérica de carga y descarga de un circuito RC.

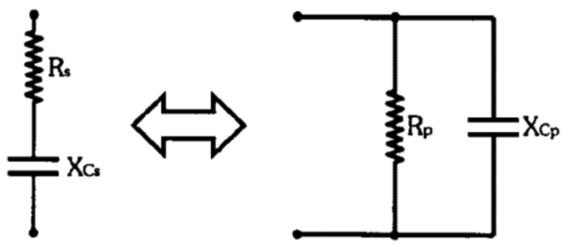


Figura 13 – Equivalencia del circuito RC serie-paralelo.

$$R_s = Z.\cos\varphi \quad \text{e} \quad X_{Cs} = -Z.sen\,\varphi$$

$$R_p = \frac{Z}{\cos\varphi} \quad \text{e} \quad X_{Cp} = -\frac{Z}{sen\,\varphi}$$

Figura 14 – Fórmula de conversión para circuito RC serie-paralelo.

Comenzaremos con el análisis de carga del circuito RC en la Figura 12, observe la ecuación de voltaje genérica Vc(t) a través del capacitor para carga y descarga. En la figura 13, en el circuito paralelo, la corriente tendría la misma forma que el voltaje Vc(t) dividido por el valor de resistencia Rp y estaría desfasada en 90 grados. Es decir, Ic(t) = Vc(t) / Rp.

Si observamos la Figura 12, el diagrama de carga del circuito para t = t0, vemos que el voltaje a través del capacitor es Vco; podríamos comparar esto con el tiempo t = t0 cuando se forma el agujero negro. Después del tiempo t = t0, el capacitor comienza a cargarse hasta alcanzar el valor de la fuente E, y se estabiliza, aproximadamente después de un tiempo igual a 5τ = 5 RC. Podemos interpretar esto como que el agujero negro empieza a alimentarse y crecer hasta que después de un tiempo de aproximadamente 5τ = 5RC, alcanza su carga máxima.

Cuando analizamos el circuito de carga y descarga del circuito RC, vemos que el valor de τ c = RcCc (constante de tiempo de carga) es diferente del valor de τ d = RdCd (constante de tiempo de descarga). τ c ≠ τ d.

Hipótesis nº 10: *Cuando se forma un agujero negro, para $T = 10^{13}$ K (kelvin), C_G = C_ε = 300.000 km/s.*

Para $T > 10^{13}$ K (kelvin), C_G >> de 300.000 km/s.

$C_G(T) = C_{Gmax}(1 - e^{-(T/\tau)}$,, T = temperatura e C_ε = 300.000 km/s
ECUACION MUY IMPORTANTE

¡¡¡¡¡¡¡ Ahora calcularemos cuál sería el valor estimado para C_{Gmax}=!!!!!!!

Haremos la siguiente aproximación:

$T = 0{,}0000000000001\tau$, $T = 10^{-13}\tau$

$C_G(T) = C_{Gmax}(1 - e^{-(T/\tau)})$

$C_G(T) = C_{Gmax}(1 - e^{-0{,}000000000001}(\tau/\tau))$

$C_G(T) = C_{Gmax}(1 - e^{-0{,}0000000000001})$

$C_G(T) = C_{Gmax}(1 - e^{-}(^1 / 10^{13})$

$C_G(T) = C_{Gmax}(1 - 1 / e\,(^1/ 10^{13}))$

$C_G(T) = C_{Gmax}(1 - 0{,}9999999999999)$

$C_G(T) = C_{Gmax} \times 10^{-13}$

Decimos que para $T = 10^{13}$ K, punto de inflexión de la gráfica de carga del circuito RC, $C_G = C_\varepsilon = 3\ 10^8$ m/s, por lo tanto:

$C_{Gmax} = 3\ 10^8$ m/s x 10^{13} ------> $C_{Gmax} \equiv 3\ 10^{21}$ m/s.

$C_{Gmax} \equiv 3\ 10^{21}$ m/s

C_G (T) = C_{Gmax} (1 – $e^{-(T/\tau)}$,, T = temperatura e C_ε = 300.000 km/s

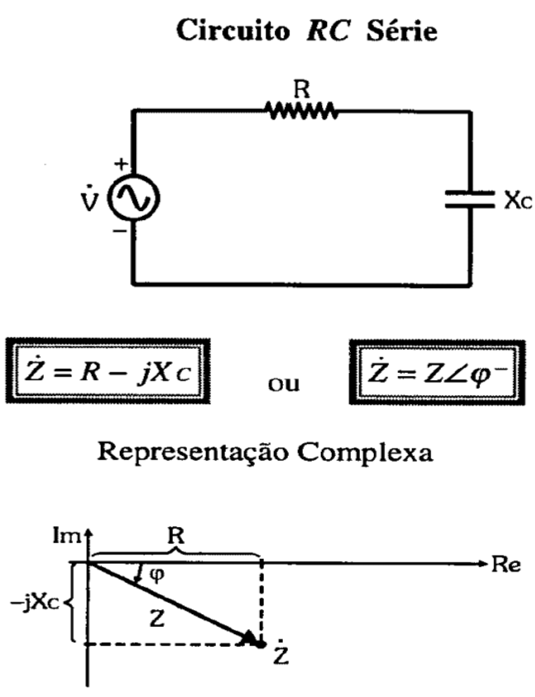
Esta ecuación es un método para calcular la masa real de un agujero negro, a partir de T > 10^{13} K (kelvin), las interacciones electromagnéticas y de fuerza débil dejan de existir y la ecuación $E = mc^2$ ya no es válida. Más adelante mostraremos que la masa y la energía de un agujero negro de T > 10^{13} K (kelvin), tendrá una componente real y una componente imaginaria y la masa resultante será mucho mayor que la calculada por $E = mc^2$.

Hipótesis nº 11: *Consideremos verdadera la ecuación de temperatura calculada por Stephen Hawking, cuya fórmula es la siguiente:*

$$T = (\hbar \times C^3) / (8\pi \times K_B \times G \times M)$$

Hipótese nº 12: *C_G >> 300,00 km/s, las velocidades de los gluones y quarks en un agujero negro serán superiores a 300.000 km/s.*

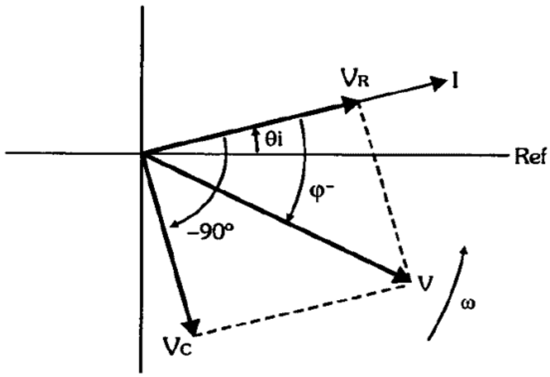
3 I ANÁLISIS DE FASORES DEL CIRCUITO RC SÉRIE



$$Z = \sqrt{R^2 + Xc^2} \qquad \Rightarrow \quad \text{módulo de } \dot{Z}$$

$$\varphi^- = -arctg\frac{Xc}{R} \qquad \Rightarrow \quad \text{fase de } \dot{Z}$$

$R = Z.cos\ \varphi^-$ e $Xc = -Z.sen\ \varphi^-$



$$\dot{V} = \dot{V}_R + \dot{V}_C$$

$$\dot{V}_R = R\angle 0^o.I\angle\theta_i = R.I\angle\theta_i$$

$$\dot{V}_C = Xc\angle -90^o.I\angle\theta_i = Xc.I\angle(\theta_i - 90^o)$$

$$\dot{V} = Z\angle\varphi^-.I\angle\theta_i = Z.I\angle(\theta_i + \varphi^-)$$

em que:

$$\boxed{V = \sqrt{V_R{}^2 + V_C{}^2}} \qquad \Rightarrow \quad \text{módulo de } \dot{V}$$

$$\boxed{\varphi^- = -arctg\frac{V_C}{V_R}} \qquad \Rightarrow \quad \text{defasagem entre } \dot{V} \text{ e } \dot{I}$$

Sendo: $V_R = V.cos\ \varphi^-$ e $V_C = -V.sen\ \varphi^-$

$i(t) = I_P.cos\ (\omega t + \theta_i)$

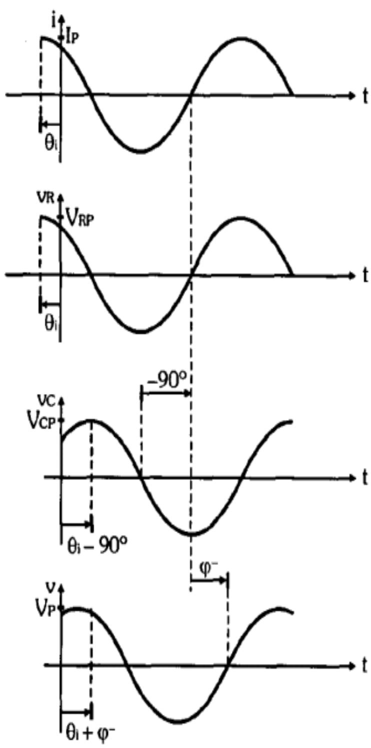
A tensão no resistor está em fase com *i(t)*, enquanto no capacitor ela está atrasada de *90°*. Portanto:

$v_R(t) = V_{RP}.cos\ (\omega t + \theta_i)$

$v_C(t) = V_{CP}.cos\ (\omega t + \theta_i - \pi/2)$

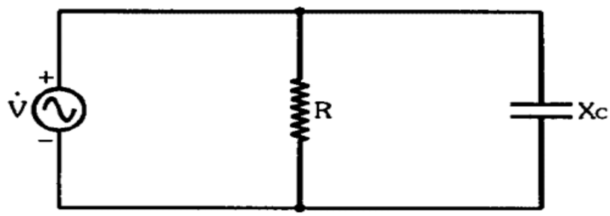
Por fim, a tensão do gerador está atrasada de φ^- em relação à *i(t)*:

$v(t) = V_P.cos\ (\omega t + \theta_i + \varphi^-)$



4 I ANÁLISIS DE FASORES DEL CIRCUITO RC PARALELO

Circuito *RC* Paralelo



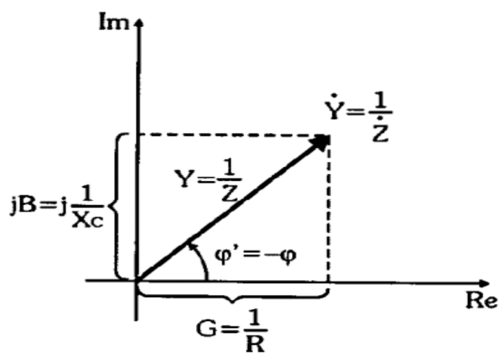
$$\frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{R} + j\frac{1}{Xc}$$

ou

$$\dot{Z} = \frac{-jR.Xc}{R - jXc}$$

Na forma polar, $\varphi < 0^o$ e, portanto:

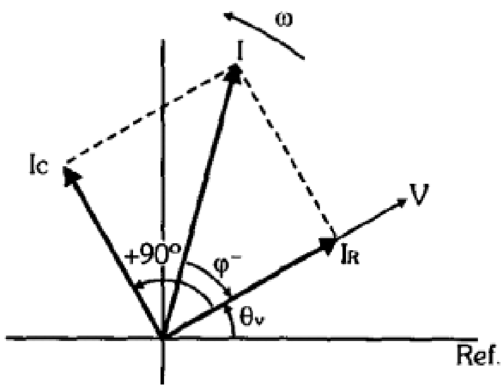
$$\dot{Z} = Z\angle\varphi^-$$



$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{1}{Z}=\sqrt{\dfrac{1}{R^2}+\dfrac{1}{Xc^2}} \\ ou \\ Z=\dfrac{R.Xc}{\sqrt{R^2+Xc^2}}\end{array}\right\} \Rightarrow \text{módulo de } \dot{Z}$$

$$\left.\begin{array}{l}\varphi^- = -arctg\dfrac{R}{Xc} \\ ou \\ \varphi^- = arctg\dfrac{Xc}{R}-90^o\end{array}\right\} \Rightarrow \text{fase de } \dot{Z}$$

Sendo: $R=\dfrac{Z}{cos\varphi^-}$ e $Xc=-\dfrac{Z}{sen\varphi^-}$



$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C$$

$$\dot{I}_R = V\angle\theta_v / R\angle 0^o = (V / R)\angle\theta_v$$

$$\dot{I}_C = V\angle\theta_v / X_C\angle -90^o = (V / X_C)\angle(\theta_v + 90^o)$$

$$\dot{I} = V\angle\theta_v / Z\angle\varphi^- = (V / Z)\angle(\theta_v - \varphi^-)$$

em que:

$$\boxed{I = \sqrt{I_R^{\,2} + I_C^{\,2}}} \quad \Rightarrow \quad \text{módulo de } \dot{I}$$

$$\boxed{\varphi^- = -arctg\,\frac{I_C}{I_R}} \quad \Rightarrow \quad \text{defasagem entre } \dot{V} \text{ e } \dot{I}$$

Sendo: $I_R = I.cos\ \varphi^-$ e $I_C = -I.sen\ \varphi^-$

$v(t) = V_P.cos\ (\omega t + \theta_v)$

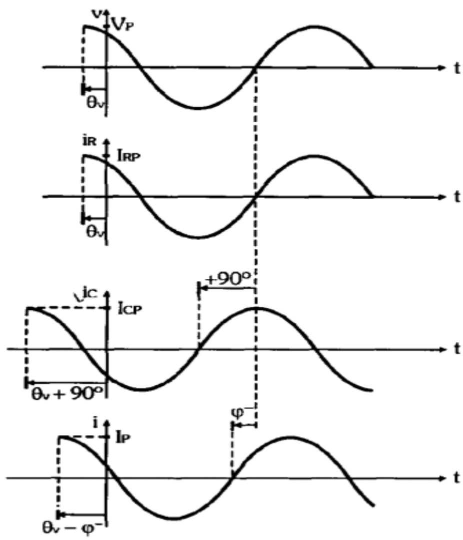
A corrente no resistor está em fase com $v(t)$, enquanto no capacitor ela está adiantada de 90°. Portanto:

$i_R(t) = I_{RP}.cos\ (\omega t + \theta_v)$

$i_C(t) = I_{CP}.cos\ (\omega t + \theta_v + \pi/2)$

Por fim, a corrente do gerador está adiantada de φ^- em relação à $v(t)$:

$i(t) = I_P.cos\ (\omega t + \theta_v - \varphi^-)$

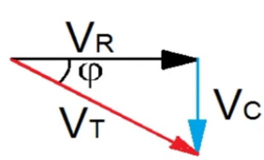


Analizando las impedancias del circuito serie y la admitancia del circuito paralelo, observamos que tienen una parte real y una parte imaginaria, desfasadas 90 grados, si extrapolamos esto al dominio de la potencia o energía, también hay una potencia y energía reales relacionadas con la constante resistiva R y una potencia y energía imaginarias relacionadas con la constante capacitiva C, desfasadas 90 grados, dadas por la siguiente ecuación en un circuito serie RC.

$V_R = I_T \cdot R$

$V_C = I_T \cdot X_C$

Y el triángulo de tensiones será

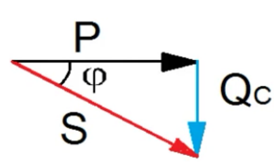


Por último, para las potencias, las fórmulas y el triángulo serían:

P en la R (W); $P = V_R \cdot I_T = R \cdot {I_T}^2$

Q en el C (VAR); $Q_C = V_C \cdot I_T = X_C \cdot {I_T}^2$

S total aparente (VA); $S = V_T \cdot I_T$

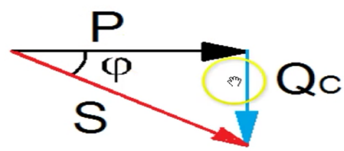


$$\cos\varphi = \frac{P}{S};$$

despejando $P = S \cdot \cos\varphi = V_T \cdot I_T \cdot \cos\varphi$

$$\operatorname{sen}\varphi = \frac{Q_C}{S};$$

despejando $Q_C = S \cdot \operatorname{sen}\varphi = V_T \cdot I_T \cdot \operatorname{sen}\varphi$



5 I ANALOGIA ENTRE EL CIRCUITO ELÉTRICO RC Y UN BURACO NEGRO

Siguiendo con nuestra analogía, podemos decir que un agujero negro está compuesto por energía real y energía imaginaria, es decir, tiene una componente de masa Ma, asociada a la constante térmica resistiva (parte real) y una componente de masa Mr, asociada a la constante capacitiva, potencial gravitacional (parte imaginaria).

Haremos un comentario, que luego demostraremos a través de ejemplos.

Si observamos la ecuación de Stephen Hawking para la temperatura de un agujero negro, $T = (\hbar \times C^3) / (8\pi \times K_B \times G \times M)$, intuitivamente vemos que a medida que aumenta la masa, la temperatura del agujero negro disminuye ($T_\varepsilon = 0$), todo indicaría que tenemos razón. Más adelante, mostraremos que a medida que un agujero negro crece en masa, también aumenta su temperatura ($T_G > 10^{13}$ K) hasta que alcanza un punto de masa crítica y una temperatura umbral en la que el agujero negro explota y produce lo que conocemos como Big Bang. Lo que dijimos antes de que un agujero negro crece en masa y temperatura está relacionado con lo que mostramos antes de que un agujero negro para $T > 10^{13}$ K (kelvin), tiene una velocidad variable C_G (quarkls y gluones) que también aumenta cuando la temperatura T_G aumenta.

$T > 10^{13}$ k (kelvin), dentro de um buraco negro.
E (Black Hole) = Ea - i Er
M (Black Hole) = Ma - i Mr

CONCLUCIÓN Nº 4

Para $T < 10^{13}$ K, esta condición se da para c = 300.000 km/s, la masa (energía) calculada tiene una sola componente real y puede estar asociada a perturbaciones en el espacio-tiempo que no producen estiramiento ni contracción, solo oscilación o curvatura.

Para $T > 10^{13}$ K, esta condición ocurre dentro de un agujero negro donde C_G es mayor a 300.000 km/s, la masa (energía) dentro de un agujero negro tiene una componente

real y una componente imaginaria; la componente real está asociada con procesos físicos térmicos y la componente imaginaria está asociada con la diferencia de potencial gravitacional. En este caso, la masa (energía) produce cambios en la estructura del espacio-tiempo (contracción).

Para un cuerpo en reposo:

E = Ma x Cε ² para	**T < 10¹³ K, fuera de un agujero negro.**
E = Ma x Cε ² - i Mr x Cε ²	**T > 10¹³ K, dentro de un agujero negro.**

6 I CÁLCULO APROXIMADO DE LAS CONSTANTES DE PLANCK ASOCIADAS A LONGITUD, TIEMPO Y TEMPERATURA, PARA Cɢ = 3 10²¹ m/s

Supongamos que la constante de Planck hε = hɢ = h = 6,62607004 10^{-34} (m^2 x Kg/s)

Suponemos que son iguales para todas las condiciones de temperatura.

Para calcular la longitud de Planck, usamos la siguiente ecuación:

Lpɢ = √ (h x G /Cɢmax ³)

G = 6,67408 x 10^-11 (kg^{-1} x S^{-2}) constante universal gravitacional

K = 1,380649 10^-23 (J.k^{-1}) Constante de Boltzmann

Lpɢ = √ {6,62607004 10^{-34} x 6,67408 x 10^{-11} / (3 x $10^{21})^3$}

Lpɢ = √ {44,222921 10^{-45} / 27 x 10^{63}}

Lpɢ = √ (44,222921/27) 10^{-108}

Lpɢ = 1,28 10^{-54} m

V = e/t ----> t = e/v, t = 1,28 10^{-54} / 3 x 10^{21}

tpɢ = 0,426 10^{-75} s

Tpɢ = √ {hC⁵ / Gk²}

Tpɢ = √ {6,62607004 10^{-34} x {(3 x $10^{21})^5$} / 6,67408 x 10^{-11} x (0,25 $10^{-47})^2$}

Tpɢ = √ {1,61 10^{74} / 0,41 10^{-105}}

Tpɢ = √ (0,39 10^{180})

Tpɢ = 0,62 10^{90} K

a. Constantes de Planck gravitacionales, dentro de um buraco negro.

$C_{G}max \equiv 3 \times 10^{21}$ m/s.

$Lp_{G} \equiv 1{,}28\ 10^{-54}$ m, longitud de Planck.

$tp_{G} \equiv 0{,}426\ 10^{-75}$ s, tiempo de Planck.

$Tp_{G} \equiv 0{,}62\ 10^{90}$ K, temperatura de Planck.

b. Constantes de Planck eletromagnéticas.

$C\varepsilon = 3 \times 10^{8}$ m/s

$Lp\varepsilon = 1{,}616199\ 10^{-35}$ m, longitud de Planck.

$tp\varepsilon = 5{,}39124\ 10^{-44}$ s, tiempo de Planck.

$Tp\varepsilon = 1{,}41679\ 10^{32}$ K, temperatura de Planck.

Los valores calculados para Lp_{G}, tp_{G}, Tp_{G} y C_{G} son cálculos aproximados, no son cálculos rigurosos.

En el apartado a) calculamos las constantes gravitacionales para la velocidad C_{G}; para longitud Lp_{G}, tiempo tp_{G} y temperatura Tp_{G}.

En el apartado b) enumeramos las constantes electromagnéticas de Planck ya conocidas para la velocidad $C\varepsilon$; para la longitud $Lp\varepsilon$, para el tiempo $tp\varepsilon$ y para la temperatura $Tp\varepsilon$.

Es muy importante recalcar que en el dominio de las cuatro fuerzas fundamentales se rige por las constantes electromagnéticas de Planck y la velocidad límite es $c = 3\ 10^{8}$ m/s.

Dentro de un agujero negro, dominado por el campo de fuerza gravitacional y el campo de fuerza fuerte, se aplican las constantes gravitatorias de Planck y la velocidad límite es $C_{G}max = 3\ 10^{21}$ m/s. Dentro de un agujero negro no hay campos de fuerza electromagnéticos y campos de fuerza débiles que limitan la velocidad a $C\varepsilon = 3\ 10^{8}$ m/s.

7 I ANALOGIA ENTRE LAS ECUACIONES DE POTÊNCIA EN UN CIRCUITO RC Y ENERGIA EN UN AGUJERO NEGRO

P (W) = R x I ² --Ea = Ma x Cε ²

Q (VAR) = Xc x I ² ---Er = Mr x Cε ²

S (VA) = (R x I ²) - i (Xc x I ²) -----------------------------Es = (Ma x Cε ²) - i (Mr x Cε ²)

R ≡ Ma

Xc ≡ Mr, Mc e Xc -----> f (w)

I ≡ Cɢ

Z = R - i Xc --------------------------Ms = Ma - i Mr, Impedancia equivalente de un BH

IZI = √ (R ² + Xc ²) -----------------IMsI = √ (Ma ² + Mr ²), módulo de impedancia

8 I BREVE ANÁLISIS DEL TAQUIÓN

Si analizamos el taquión en la mecánica relativista clásica, veremos que para que exista, la masa de la partícula debe ser imaginaria, por lo que con la ayuda de la siguiente ecuación:

E = M x Cε ² para	**T < 10^{13} k, fuera de un BH**
E = Ma x Cε **² - i Mr x Cε ²**	**T > 10^{13} k, dentro de um BH**

Podemos escribir la ecuación de energía del taquión:

*** E = (Mr x Cε ²) / √ ((Cɢ ²/Cε ²) -1)**

Si analizamos la ecuación de *E, veremos que Cε = 300.000 km/s es la velocidad mínima que podría tener un taquión y su velocidad máxima correspondería a Cɢmax = 3 10^{21} m/s.

Para Cɢmax = 3 10^{21} m/s

Emax = {Mr x $(3 \times 10^{8})^{2}$} / 10^{13}

Emax = (Mr x 9.10^{16}) / 10^{13}

Emax ≡ 9 x 10^{3} Mr

Para Cɢ = Cε = 300.000 km/s, el valor de *E = ∞, por lo que la velocidad del taquión no puede alcanzar el valor de Cε, la condición Cɢ = Cε, la parte imaginaria de la ecuación de energía E desaparece.

Si analizamos el taquión desde el punto de vista cuántico, observamos que el potencial escalar corresponde a una parábola invertida ($m^2 < 0$, masa imaginaria) y tiene su máximo en t = 0, cuando se produce el Big Bang, y su velocidad disminuye hasta que alcanza un mínimo cuando $C_G = C_\varepsilon$ = 300.000 km/s.

Se demostró con la ecuación *** $E = (M_r \times C_\varepsilon^2) / \sqrt{((C_G^2/C_\varepsilon^2) - 1)}$**, la probable existencia del Taquión definido por la masa imaginaria Mr y la velocidad $C_G$max.

9 I CÁLCULO DEL FACTOR DE ESCALA PARA LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

La constante de Boltzmann se define de la siguiente manera:

K_B = R/N donde R = 8,314 J / (K.mol) e N = 6,022 10^{23} 1/mol

K_B = 1,38 10^{-23} J/K

N también se llama número de Avogadro y por 1 mol de carbono 12 hay 6,022 10^{23} átomos.

Dc12 = 1,5 10^{-8} cm = 1,5 10^{-10} m, diámetro del átomo C12

- Rc12 = 0,75 10^{-10} m, radio del átomo C12.

Dn = 0,8 10^{-15} m, diámetro del neutron

- Rn = 0,4 10^{-15} m, radio del neutron.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 $10^{-10})^3$ = 1,76 10^{-30} m^3, volumen del átomo C12

Vn = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,4 $10^{-15})^3$ = 0,267 10^{-45} m^3, volumen del neutron

D = Vc12 / Vn = 1,76 10^{-30} / 0,267 10^{-45} = 6,591 10^{15}, factor de escala para o nivel del núcleo del átomo.

Cálculo de la constante de Boltzmann cuando se trabaja a nivel del núcleo del átomo.

K_{Bn} = KB / D = 1,38 10^{-23} / 6,591 10^{15} = 0,2094 10^{-38} J/K

K_{Bn} = 0,2094 10^{-38} J/K, constante de Boltzmann para escala del núcleo atómico

Cálculo de la constante de Boltzmann trabajando a nivel de quarks.

Rc12 = 0,75 10^{-10} m, radio del átomo C12.

Rq = 0,43 10^{-18} m, radio del quark

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 $10^{-10})^3$ = 1,76 10^{-30} m^3, volumen del átomo C12

Vq = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,43 $10^{-18})^3$ = 0,33 10^{-54} m^3

D = Vc12 / Vq = 1,76 10^{-30} / 0,33 10^{-54} = 5,33 10^{24}

$D = 5{,}33\ 10^{24}$

$K_{Bq} = K_B / D = 1{,}38\ 10^{-23} / 5{,}33\ 10^{24} = 0{,}25\ 10^{-47}$ J/K

$K_{Bq} = 0{,}25\ 10^{-47}$ J/K, constante de Boltzmann escala nível del quark

Sin embargo, para calcular la constante de Boltzmann a utilizar a nivel práctico en las ecuaciones, realizamos el siguiente cálculo:

$T = 10^{13}$ K.

$M = 3 \times 2\ 10^{30}$ kg, corresponde a tres masas solares.

Usamos a siguiente ecuación:

$K_{Bq} = h \times C^3 / (8 \times \pi \times T \times G \times M = (6{,}63\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24}) / 8 \times 3{,}14 \times 10^{13} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6\ 10^{30})$

$K_{Bq} = 179{,}01\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{32} = 0{,}178\ 10^{-42}$ J/K

$K_{Bq} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, constante de Boltzmann que vamos usar al nível de quark

AGUJEROS NEGROS - CÁLCULOS ADICIONALES

C_G (T) = $C_G$max (1 – e $^{-(T/\tau)}$), $C_G$max = 3 x 10^{21} m/s para T > 10^{13} K (kelvin),
T (kelvin) = {(ħ C^3) / (8 x π x K_B x G x M)}, Temperatura de Hawking de un agujero negro.
Rs = (2 x G x M) / C^2, Radio de Schwarzschild
IMsI = K IMaI
IEsI = K x IEaI
K_{Bq} = 1,78 10^{-43} J/K

Con estas ecuaciones, generaremos la siguiente tabla:

Item	T	CG	C	lMal	lMrl	lMsl	lEal	lErl	lEsl	Rsr	Rss
0	**kelvin**	**m/s**	**m/s**	**kg**	**kg**	**kg**	**Joule**	**Joule**	**Joule**	**m**	**m**
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6.00 10^30	0	6.00 10^30	5.40 10^47	0	5.40 10^47	8.89 10^3	8.89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6.00 10^35	6.00 10^39	6.00 10^39	5.40 10^52	5.40 10^56	5.40 10^56	8.89 10^8	8.89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6.00 10^41	6.00 10^51	6.00 10^51	5.40 10^58	5.40 10^68	5.40 10^68	8.89 10^14	8.89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6.00 10^43	6.00 10^57	6.00 10^57	5.40 10^60	5.40 10^74	5.40 10^74	8.89 10^16	8.89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6.00 10^44	6.00 10^62	6.00 10^62	5.40 10^61	5.40 10^79	5.40 10^79	8.89 10^17	8.89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3.00 10^47	3.00 10^67	3.00 10^67	2.70 10^64	2.70 10^84	2.70 10^84	4.44 10^20	4.44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2.00 10^53	2.00 10^77	2.00 10^77	1.80 10^70	1.80 10^94	1.80 10^94	2.96 10^26	2.96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4.05 10^54	3.64 10^79	3.64 10^79	3.64 10^71	3.28 10^96	3.28 10^96	6.00 10^27	6.00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1.20 10^56	1.20 10^82	1.20 10^82	1.08 10^73	1.08 10^99	1.08 10^99	1.59 10^30	1.59 10^30

Tabela 1

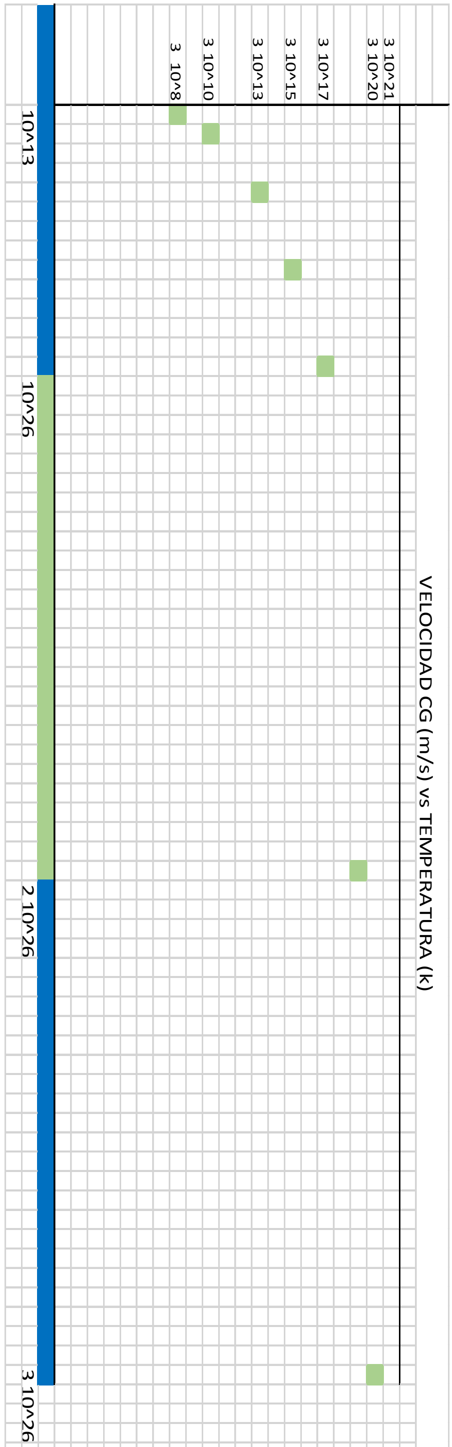

VELOCIDAD CG (m/s) vs TEMPERATURA (k)
3 10^8
3 10^10
3 10^13
3 10^15
3 10^17
3 10^20
3 10^21
10^13
10^26
2 10^26
3 10^26

Figura 15

Comentando los resultados de la Tabla 1, enunciar primero las condiciones iniciales:

- Temperatura inicial $T = 10^{13}$ K, esta temperatura se eligió teniendo en cuenta la temperatura de Hagedorn, que corresponde a una energía de 175 MeV, en la que la materia ordinaria después de chocar en aceleradores de partículas alcanza la temperatura de Hagedorn, produce un cambio de fase y forma una sopa de quarks-gluones.

- Otra de las condiciones iniciales que consideraremos es la densidad de un agujero negro, para estrellas enanas blancas la densidad es del orden de 10^{9} kg/m3; para las estrellas de neutrones, la densidad es del orden de 10^{17} kg/m3, y para que se forme un agujero negro la densidad tendría que ser superior a 1,31 10^{20} kg/m3, y este valor surge utilizando la longitud gravitacional característica Lg = GM/ c^2, y está relacionado con Rs = 2GM /c^2. Esto implica que el radio de Lg es RLg = Lg/2, que finalmente llega al radio de longitud característica y es igual a la cuarta parte del radio de Schwarzschild; es decir, RLg = Rs/4.

- Cuando se forma el agujero negro, la velocidad de los quarks y gluones alcanza el valor de c = C_ε = C_G = 300.000 km/s, a medida que crece el agujero negro, aumenta la velocidad C_G.

Después de hablar de las condiciones iniciales, comentemos los resultados observados en la Tabla 1:

- En el momento inicial en que se forma un agujero negro, es decir, para $T = 10^{13}$ K, $C_G = 3\ 10^{8}$ m/s y la densidad mayor a 1,31 10^{20} kg /m3, se observa que la masa real Ma = 6 10^{30} kg y la masa imaginaria Mr = 0; no hay masa imaginaria porque en ese momento la velocidad $C_G = C_\varepsilon = 3\ 10^{8}$ m/s; Si observamos para una temperatura mayor a 10^{13} K, vemos que la velocidad C_G es mayor a 3 10^{8} m/s, es decir, vemos que Mr es diferente de cero (0), a medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad C_G y también aumenta la masa imaginaria Mr.

- Para la temperatura T = 5 10^{26} K, instante en que ocurre el Big Bang, vemos que la masa Ma = 1,20 10^{56} kg y la masa Mr = 1,20 10^{82} kg; encontramos que la masa Mr = 10^{26} Ma, es decir, la masa imaginaria es un factor 10^{26} veces mayor que la masa normal Ma.

- Para una temperatura T = 5 10^{26} K, instante en que ocurre el Big Bang, vemos que la energía Ea = 1,08 10^{73} J y la energía Er = 1,08 10^{99} J; es decir, la energía

imaginaria es un factor de 10^{26} veces mayor que la energía ordinaria Ma.

- La masa y energía total de un agujero negro está compuesta por una parte real y una parte imaginaria, solo consideramos la parte real de la masa y energía de un agujero negro; La masa imaginaria que no consideramos puede corresponder a la materia oscura que estamos buscando. En el próximo ítem, para la Vía Láctea, mostraremos que la masa imaginaria es equivalente a la masa de materia oscura tan buscada por los científicos.

- También observamos que el radio de Schwarzschild calculado con la masa Ma coincide con el radio de Schwarzschild calculado con la masa total Ms.

- En los cálculos realizados en esta Tabla 1, es importante aclarar lo siguiente: para todos los ítems se utilizó la misma constante de Boltzmann, $K_{Bq} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

1 I RELACIÓN ENTRE LA MASA IMAGINARIA DE UN AGUJERO NEGRO Y LA MATERIA OSCURA

En este apartado demostraremos que la masa imaginaria que aparece en la ecuación de un agujero negro es la causa de la existencia de la materia oscura tan buscada por los científicos, para ello utilizaremos los cálculos realizados en la Tabla 1.

Masa del agujero negro de Sagitário A*:

$Ma^* = 4{,}5\ 10^6\ M_\varphi = 4{,}5 \times 10^6 \times 1{,}98\ 10^{30}$ kg

$Ma^* = 8{,}1 \times 10^{36}$ kg

Rs* = 6 millones de kilómetros

$Rs^* = 6 \times 10^6 \times 10^3$ m

$Rs^* = 6 \times 10^9$ m

Si vamos a la Tabla 1, vemos que para $Rs^* = 6 \times 10^9$ m, y $Ma^* = 8{,}1 \times 10^{36}$ kg, corresponde aproximadamente a una temperatura $T = 3\ 10^{14}$ K(kelvin).

$1\ \text{Kpc} = 3{,}1\ 10^{19}$ m

II. Calcularemos la velocidad V, entre 1 kpc y 50 Kpc, teniendo en cuenta la contribución de todas las estrellas de la galaxia y sin considerar el aporte de la masa imaginaria.

$V = \sqrt{(G \times Mvl) / R}$

Para realizar este cálculo, usamos la masa de la Vía Láctea $Mvl = 1{,}7\ 10^{41}$ kg, que incluye la masa del agujero negro Sagitario A*, sin considerar la masa imaginaria.

R (kpc)	V (km/s)
1	604,791
5	270,471
10	191,251
20	135,235
30	110,419
50	85,53

Tabela 2

III. Calcularemos la velocidad V, entre 1 kpc y 50 Kpc, teniendo en cuenta la contribución de todas las estrellas de la galaxia y la contribución de la masa imaginaria Mr*, que existe en un agujero negro.

$Ma^* = 8{,}1\ 10^{36}$ kg.

Para calcular el valor de Ma, utilizaremos los valores de la Tabla 1.

Extrapolando, usando la Figura 13, para una masa $Ma = 8{,}1\ 10^{36}$ kg, asumimos que corresponde a una temperatura de $3\ 10^{14}$ K.

Usando la ecuación de Hawking $T = hc^3 / (8\pi K_B G M)$, calculamos la velocidad C_G!!!!!!.

$C_G = 10{,}30\ 10^{10}$ m/s

Con esa velocidad calculamos Ms* = ????

Ahora usamos la siguiente relación:

$E1 = M1 \times C1^2$

$E2 = M1 \times C2^2$

$E2 = K \times M1 \times C1^2$, $C2^2 = k\ C1^2$, $C1 = 3\ 10^8$ m/s, $C2 = 10{,}30\ 10^{10}$ m/s e $M1 = 8{,}1\ 10^{36}$

$E1 = 8{,}1\ 10^{36} \times 9\ 10^{16}$

$E2 = 8{,}1\ 10^{36} \times (10{,}30\ 10^{10})^2 = 8{,}1\ 10^{36} \times 106\ 10^{20}$

$E2 = (106 / 9)\ 10^4 \times 8{,}1\ 10^{36} \times 9\ 10^{16}$

$E2 = K\ E1$, com $k = 11{,}77\ 10^4$

$Ms^* = k\ Ma^*$

$Ms^* = (11{,}77\ 10^4) \times (8{,}1\ 10^{36})$

$Ms^* = 9{,}54\ 10^{41}$ kg

$Ms^* = Mr^* = 9{,}54\ 10^{41}$ kg

$Ms^* = Ma^* - i\ Mr^*$

$IMs^*I = IMr^*I$, Ma es insignificante en comparación con Mr*

$Ma^* <<< Mr^*$

Massa total da Via Láctea.

$Mvl + Ms^* = 1{,}7\ 10^{41}$ kg $+ 9{,}54\ 10^{41}$ kg $= 11{,}24\ 10^{41}$ kg $= 5{,}62\ 10^{11}$ Mϴ

Ms*(massa da matéria escura) = 5,61 Mvl (massa da Via Láctea)

El cálculo con este valor de masa nos da el siguiente resultado:

R (kpc)	V (km/s)
1	1432
5	640
10	452
20	319
30	261
50	202

Tabela 3

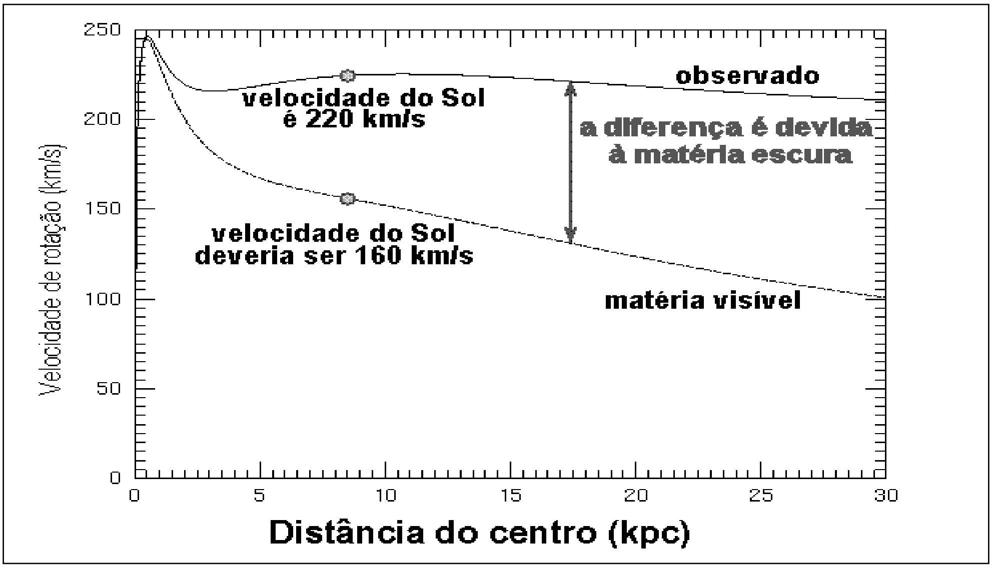


Figura 16

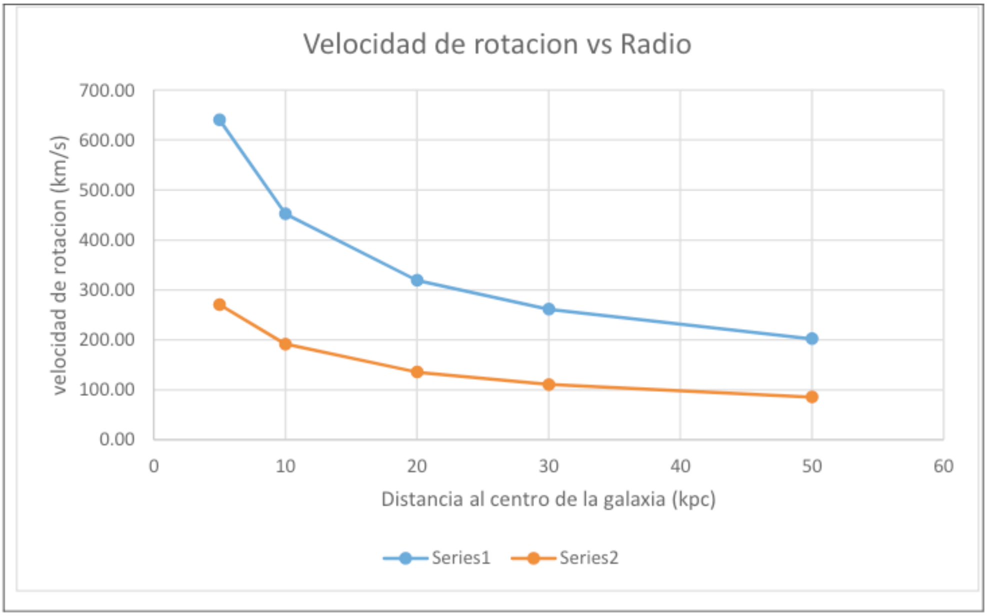


Figura 17

Comparando la Tabla 3 con la Tabla 2 y considerando la masa total Ms* del agujero negro, es decir, la masa real Ma y su masa imaginaria Mr, observamos que los valores de la Tabla 3, siguen la tendencia indicada en la Figura 16 y 17, que indicaría que en el agujero

negro estaría la masa de materia oscura buscada, y esta es una alternativa muy importante a considerar por los científicos.

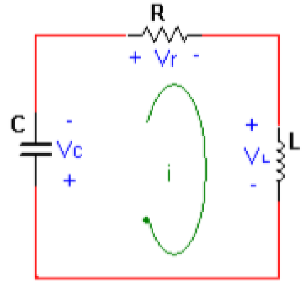
Más adelante haremos un estudio mucho más serio y profundo para terminar de entender este tema y también presentaremos gráficos mucho más completos.

ANÁLISIS DEL CIRCUITO RLC (CONVOLUCIÓN BIG BANG CON EL ESPACIO-TIEMPO)

Anteriormente estudiamos el circuito RC serie/paralelo y dijimos que representaba el diagrama eléctrico de un agujero negro. También analizamos la respuesta al impulso para obtener su respuesta de salida y describir su comportamiento en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia (espectro de amplitud y espectro de fase).

Ahora realizaremos el mismo análisis y consideraremos el circuito RLC serie/paralelo, como la convolución de un agujero negro con el espacio-tiempo que lo rodea (universo). También analizaremos la respuesta de impulso del sistema y describiremos la señal de salida en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia (espectro de amplitud y espectro de fase).

Circuito RLC en serie sin fuente



Aplicando LVK en la malla, tenemos:

$$V_c+V_r+V_L=0$$

$$\frac{1}{C}\int i\,dt + Io + Ri + L\frac{di}{dt} = 0$$

Derivando una vez más, con respecto a t:

$$L\frac{d^2 i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

$$\frac{d^2i}{dt^2}+\frac{R}{L}\frac{di}{dt}+\frac{i}{LC}=0$$

Usando el operador 's', tenemos:

$$\left(s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}\right)i=0$$

Las soluciones son:

$$s_1=-\frac{R}{2L}+\sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2-\frac{1}{LC}} \quad \text{y} \quad s_2=-\frac{R}{2L}-\sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2-\frac{1}{LC}}$$

Donde s1 y s2 se miden en Nepers [Np]. Más generalmente podemos afirmar lo siguiente:

- $\alpha=\frac{R}{2L}$.- Frecuencia de Neper o factor de amortiguamiento $\left[\frac{Np}{s}\right]$
- $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$.- Frecuencia de resonancia o frecuencia natural no amortiguada $\left[\frac{rad}{s}\right]$
- ${\omega_d}^2={\omega_0}^2-\alpha^2$.- Frecuencia de amortiguamiento

En consecuencia, las soluciones se simplifican a lo siguiente:

$$s_1=-\alpha+\sqrt{\alpha^2-\omega_0^2} \quad \text{y} \quad s_2=-\alpha-\sqrt{\alpha^2-\omega_0^2}$$

Dependiendo de α y ω_0, se tendrán los distintos tipos de respuestas:

1) CASO AMORTIGUADO ($\alpha > \omega_0$).- s1, s2 son reales y diferentes. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t)=A_1e^{s_1t}+A_2e^{s_2t}$$

2) CASO CRÍTICAMENTE AMORTIGUADO ($\alpha = \omega_0$).- s1, s2 son reales e iguales. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t)=A_1e^{s_1t}+A_2te^{s_2t}$$

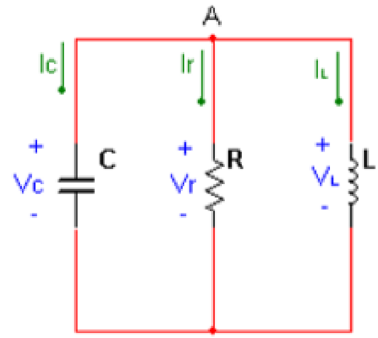
3) CASO SUBAMORTIGUADO ($\alpha < \omega_0$).- s1, s2 son imaginarias y diferentes, de la forma $-\alpha\pm j\omega_d$. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t)=e^{-\alpha t}\left(B1*cos(\omega_d)+B2*sin(\omega_d)\right)$$

Para todos los casos, las constantes A1, A2 (y B1, B2) se encuentran por las condiciones iniciales del circuito. (Aquí está el interés en encontrar estas condiciones).

Para ello se iguala x(0) a la solución de la ecuación diferencial en la que se hace t = 0, obteniendo así una primera ecuación lineal. Entonces d[x(0)]/dt es igual a la primera derivada de la solución de la ecuación diferencial en la que se hace t = 0, resultando una segunda ecuación lineal. Queda por resolver este sistema de 2 ecuaciones con dos incógnitas, A1 y A2 (B1 y B2).

Circuito RLC en paralelo sin fuente



Aplicando LCK en el nodo A, tenemos:

$$I_c+I_r+I_L=0$$

$$C\frac{dV}{dt}+\frac{V}{r}+\frac{1}{L}\int Vdt+Vo=0$$

Derivando una vez más con respecto a t:

$$C\frac{d^2V}{dt^2}+\frac{1}{R}\frac{dV}{dt}+\frac{V}{L}=0$$

$$\frac{d^2V}{dt^2}+\frac{1}{RC}\frac{dV}{dt}+\frac{V}{LC}=0$$

Usando el operador 's', tenemos:

$$\left(s^2+\frac{1}{RC}s+\frac{1}{LC}\right)V=0$$

Las soluciones son:

$$s_1=-\frac{1}{2RC}+\sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2-\frac{1}{LC}} \quad \text{y} \quad s_2=-\frac{1}{2RC}-\sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2-\frac{1}{LC}}$$

Donde s1 y s2 se miden en Nepers [Np]. Más generalmente podemos afirmar lo siguiente:

- $\alpha = \frac{1}{2RC}$.- Frecuencia de Neper o factor de amortiguamiento $\left[\frac{Np}{s}\right]$
- $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.- Frecuencia de resonancia o frecuencia natural no amortiguada $\left[\frac{rad}{s}\right]$
- ${\omega_d}^2 = {\omega_0}^2 - \alpha^2$.- Frecuencia de amortiguamiento

En consecuencia, las soluciones se simplifican a lo siguiente:

$$s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2} \quad \text{y} \quad s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

Dependiendo de α y ω_0, se tendrán los distintos tipos de respuestas:

1) CASO AMORTIGUADO ($\alpha > \omega_0$).- s1, s2 son reales y diferentes. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

2) CASO CRÍTICAMENTE AMORTIGUADO ($\alpha = \omega_0$).- s1, s2 son reales e iguales. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 t e^{s_2 t}$$

3) CASO SUBAMORTIGUADO ($\alpha < \omega_0$).- s1, s2 son imaginarias y diferentes, de la forma $-\alpha \pm j\omega_d$. La solución de la ecuación diferencial es:

$$V(t) = e^{-\alpha t}(B1 * cos(\omega_d) + B2 * sin(\omega_d))$$

Para todos los casos, las constantes A1, A2 (y B1, B2) se encuentran por las condiciones iniciales del circuito. (Aquí está el interés en encontrar estas condiciones). Para ello se iguala x(0) a la solución de la ecuación diferencial en la que se hace t = 0, obteniendo así una primera ecuación lineal. Entonces d[x(0)]/dt es igual a la primera derivada de la solución de la ecuación diferencial en la que se hace t = 0, resultando una segunda ecuación lineal. Queda por resolver este sistema de 2 ecuaciones con dos incógnitas, A1 y A2 (B1 y B2).

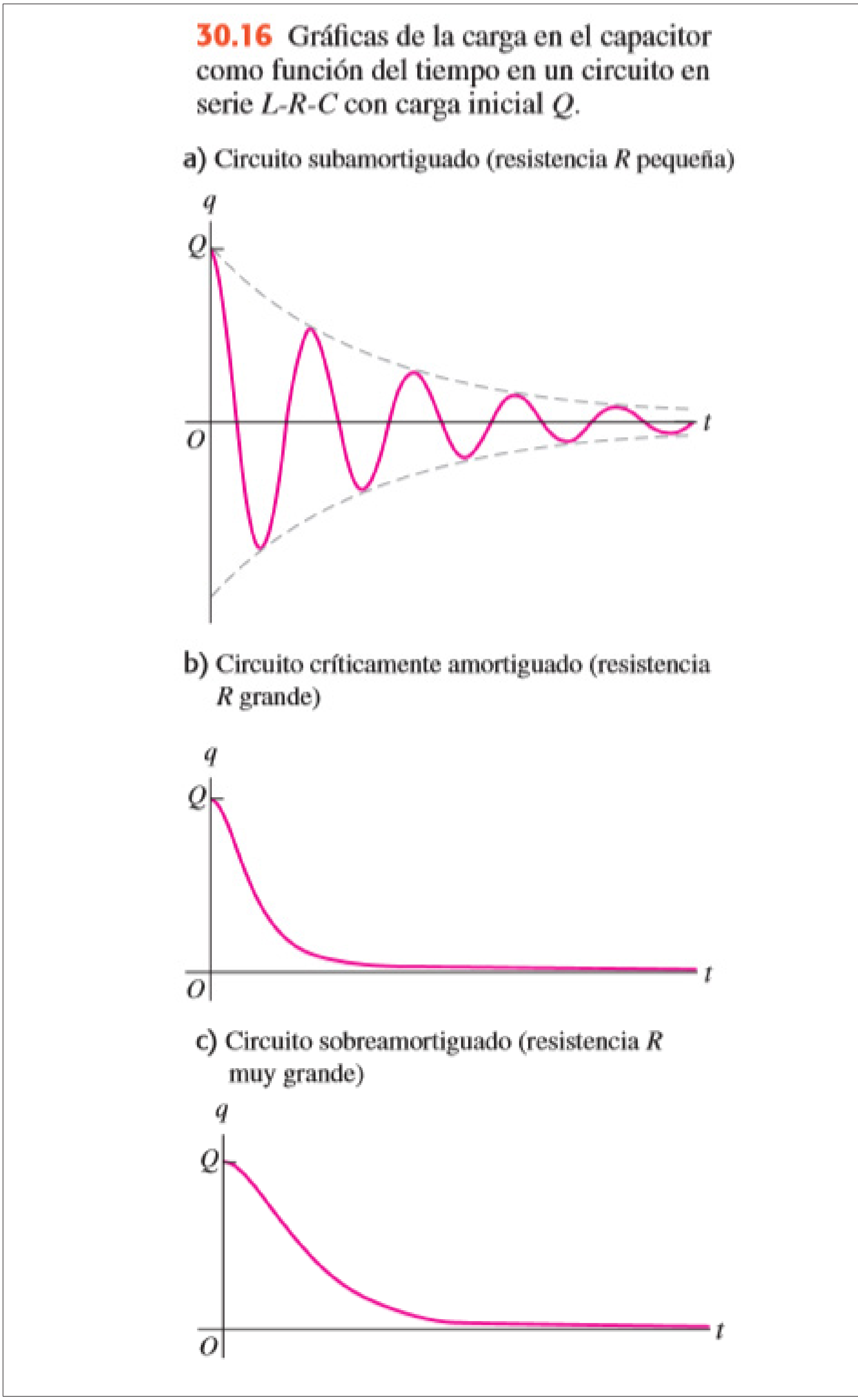

30.16 Gráficas de la carga en el capacitor como función del tiempo en un circuito en serie L-R-C con carga inicial Q.
a) Circuito subamortiguado (resistencia R pequeña)
q
Q
O
t
b) Circuito críticamente amortiguado (resistencia R grande)
q
Q
O
t
c) Circuito sobreamortiguado (resistencia R muy grande)
q
Q
O
t

Figura 18

Para un circuito RLC en serie, la figura 18 muestra cómo varía la carga Q en el capacitor en función del tiempo. Podemos interpretar esto como la respuesta del potencial gravitacional (potencial escalar del campo de Higgs!!!!) del Big Bang en función del tiempo.

Esto es muy importante, podemos estar definiendo el potencial escalar del campo de Higgs y su respuesta dependerá de la componente real R, es decir: R definirá si el sistema está subamortiguado, críticamente amortiguado o sobreamortiguado.

La reactancia inductiva XL, análoga al universo existente (espacio-tiempo que rodea el agujero negro) en el que explota el agujero negro, en el circuito RLC es una descripción de la fem autoinducida que se opone a cualquier cambio en la corriente a través del inductor. Podemos interpretar esto y decir que cuando se produce el Big Bang, no lo hace en un vacío virtual (nada), es decir, hay un espacio-tiempo (universo) que interactúa con el Big Bang y si miramos en el espectro de fase de la Figura 19, vemos que la fase va desde +90 grados para frecuencias cercanas a 0 Hz hasta -90 grados a medida que la frecuencia se acerca al infinito. La diferencia de fase +90 grados a -90 grados nos dice que hay un retraso en el tiempo (corresponde a un retraso en el desplazamiento) que es variable en función de la frecuencia, es decir, nos está diciendo que a partir del instante t = 0 del Big Bang, la expansión del espacio-tiempo (inflación), no es igual en todas las direcciones y varia con el tiempo y la frecuencia.

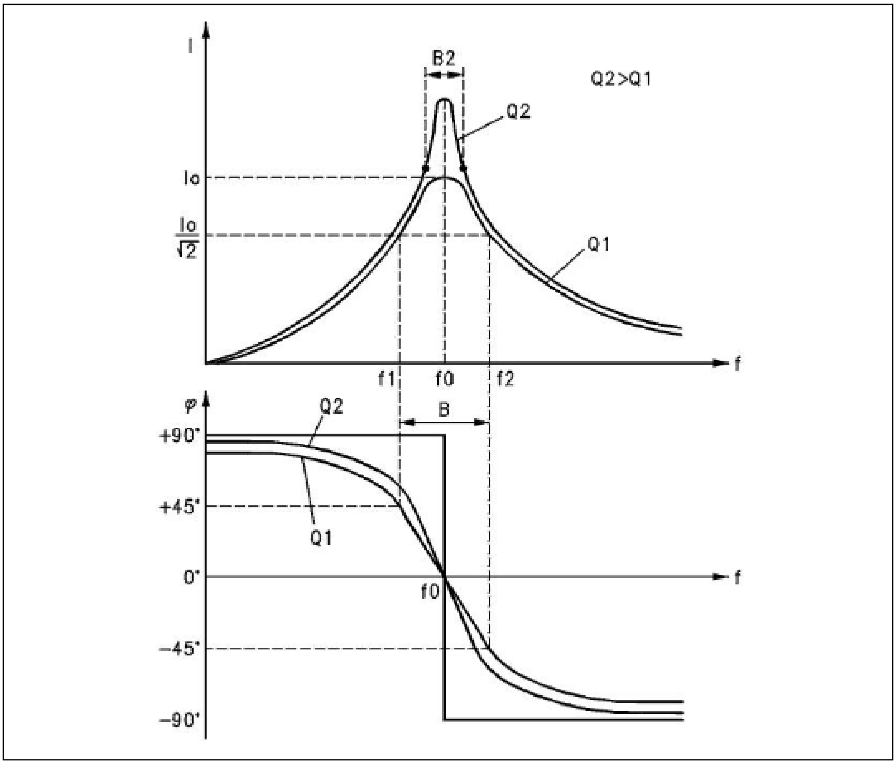


Figura 19 – Curvas de resonancia de un circuito RLC en serie.

Ahora, como ejemplo, analizaremos un circuito más real desde mi punto de vista, donde el agujero negro está representado por una resistencia R en paralelo con la capacitancia C, es decir, R // C, y esta a su vez es serie con inductancia L, que representaría nuestro universo existente. Los valores de R, C y L son arbitrarios.

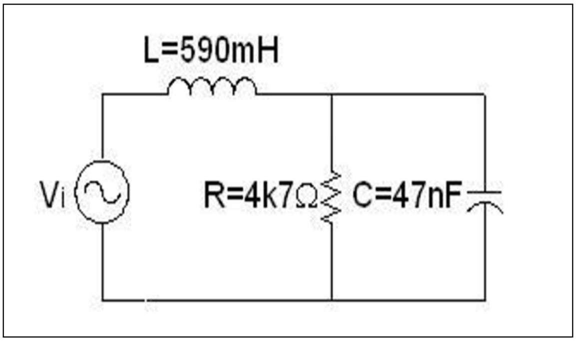


Figura 20 – circuito RLC.

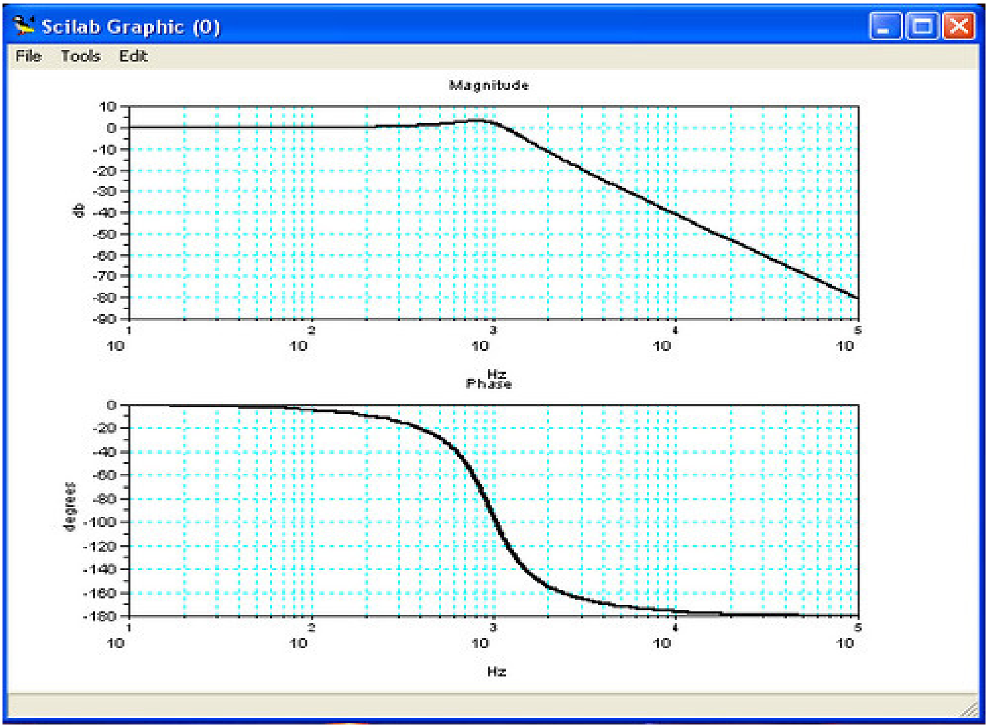


Figura 21

Analizando el espectro de amplitud (diagrama de Bode) en el dominio de la frecuencia, vemos que el sistema (expansión o inflación del espacio-tiempo) se comporta como un circuito de paso bajo, es decir, deja pasar las bajas frecuencias y atenúa las altas frecuencias.

Analizando el espectro de fase, vemos que varía de 0 grados a -180 grados a medida que aumenta la frecuencia y esto indicaría que el universo a partir del instante t = 0, no se expande de la misma manera en todas las direcciones.

ECUACIÓN DE ONDA DEL UNIVERSO E(t) - ONDAS GRAVITACIONALES

1 I E(t) – ONDAS GRAVITACIONALES PARA UN CIRCUITO RLC PARALELO CRÍTICAMENTE AMORTIGUADO

Buscaremos una solución para el circuito RLC, para un sistema críticamente amortiguado, es decir, calcularemos cómo varía la energía del universo en función del tiempo E(t). Para realizar estos cálculos, utilizaremos los valores de la Tabla 1.

Vamos considerar que en el tiempo $t = 0^-$, el agujero negro está proximo a explotar.

$V(0)^- = 1{,}08\ 10^{73}$ v

$I(0)r = I(0)c = 3\ 10^{21}$ m/s

$\lambda = 1{,}000.000$ anos-luz $= 10^6 \times 9{,}46\ 10^{15}$ m

$\lambda = 9{,}46\ 10^{21}$ m

$c = \lambda \times f$, $f = c/\lambda$, $f = 3\ 10^{21} / 9{,}46\ 10^{21} = 0{,}317$ rad/s

f = 0,317 Hz

W = 2.п.f = 2 x 3,14 x 0,317 = 2 rad/s

W = 2,00 rad/s

Cálculo del valor de la resistência R.

V(0) = I(0) x R, R = V(0) / I(0) = 1,08 10^73 / 3 10^21

- **$R = 0{,}36\ 10^{52} = 3{,}60\ 10^{51}\ \Omega$**

Cálculo del valor de la capacitancia C.

$V(0) = I(0) \times Xc = I(0) / W \times C$, $C = I(0) / V(0) \times W = 3\ 10^{21} / 1{,}08\ 10^{73} \times 2{,}00$

$C = 3\ 10^{21} / 2{,}16\ 10^{73} = 1{,}38\ 10^{-52}$ F

- **$C = 1{,}38\ 10^{-52}$ F**

Cálculo del factor de amortiguamiento α.

$\alpha = 1 / 2RC = 1 / 2 \times 3{,}60\ 10^{51} \times 1{,}38\ 10^{-52} = 1 / 10\ 10^{-1}$

- **α =** ***1***

Wo = 1 / √(L x C, frequencia natural no amortiguada).

Para un circuito críticamente amortiguado, se debe cumplir la siguiente relación:

α = Wo = 1 / √(L x C)

Resolviendo para L, tenemos.

$L = 1 / Wo^2 \times C = 1 / 1 \times 1{,}38\ 10^{-52} = 1 / 1{,}38\ 10^{-52} = 0{,}72\ 10^{52}$

- **$L = 7{,}2\ 10^{51}$ Hy**

Para un circuito con amortiguamiento crítico, la solución general es:

$V(t) = (A1 + A2\ t)\ e^{-}(\alpha t)$

I. Vamos calcular V(0).

V(0) = 0, condición inicial.

V(0) = A1

- A1 = 0, primera solucion

II. Vamos a calcular dV(0)/dt = ?

$V(t) = A1\ e^{-}(\alpha t) + A2\ t\ e^{-}(\alpha t)$

$dV(t)/dt = -\alpha\ A1\ e^{-}(\alpha t) + A2\ e^{-}(\alpha t) - A2\ \alpha\ t\ e^{-}(\alpha t)$

$dV(0)/dt = -\alpha\ A1 + A2$ como A1 = 0, entonces:

dV(0)/dt = A2

También tenemos la siguiente relación:

IR + IL + IC = 0

CdV/dt + V/R + (1/L)/V dt = 0, IL(0) = 0

CdV(0)/dt = V/R

dV(0)/dt = V/RC

$dV(0)/dt = 1{,}08\ 10^{73} / (3{,}60\ 10^{51} \times 1{,}38\ 10^{-52}) = 1{,}08\ 10^{73} / 4{,}96\ 10^{-1}$

$dV(0)/dt = 0{,}21\ 10^{74} = A2$

- $A2 = 2{,}1\ 10^{73}$

$V(t) = (A1 + A2\ t)\ e^{-}(\alpha t)$

$V(t) = 2{,}1\ 10^{73}\ t\ e^{-}(\alpha t)$

$E(t) = 2{,}1\ 10^{73}\ t\ e^{-}(\alpha t) + E0$ Esta ecuación representa como varía la energía del Big Bang en función del tiempo.

E0 es la energía que tenía el espacio-tiempo cuando ocurrió el Big Bang.

Por ejemplo, para una temperatura de 2,7 K, el espacio-tiempo tiene una energía $E0 = 3{,}72 \cdot 10^{-23}$ J.

Decímos que el Big Bang ocurre cuando explota un agujero negro, esto presupone que el universo tiene una temperatura T0 dada, es decir, una energía E0 en el momento de la explosión.

Esta analogía también podría explicarse en la exploración petrolera, en el momento t0 se produce la explosión de la carga y el geófono que registra la señal marca 400 milivoltios, pero después de un tiempo finito, el mismo geófono marca 1 microvoltio que es el valor mínimo que se puede registrar como señal, por debajo de este valor la señal se mezcla con el ruido ambiental y es imposible distinguirlo, como es el caso de la energía del Big Bang y la energía E0 del universo existente.

- Vamos a calcular E(t) para $t = 10^{-10}$ s

$E(t) = (2{,}1\ 10^{73}) \times (10^{-10}) \times (e^{-}(10^{-10}))$

$= 2{,}1\ 10^{63} \times (1 / e\hat{}\ (10^{-10}))$

$= 2{,}1\ 10^{63} \times (1/1)$

$E(t) = 2{,}1\ 10^{63}$ J

- Vamos a calcular E(t) para $t = 0^{-}$ s

$E(t) = (2{,}1\ 10^{73}) \times (e\hat{}0) \times 0$

$= (2{,}1\ 10^{73}) \times 1 \times 0$

$E(t) = 2{,}1\ 10^{73}$ J $\times\ 0 + E0 = E0$

- Vamos a calcular E(t) para t = 1 s

$E(t) = (2{,}1\ 10^{73}) \times (1) \times (e^{-1})$

$= 2{,}1\ 10^{73} \times (1/e)$

$E(t) = 0{,}75\ 10^{73}$ J

- Vamos a calcular E(t) para t = 10 s

$E(t) = (2,1\ 10^{73}) \times (10) \times (e^{-10})$

$E(t) = (21\ 10^{73}) \times (1/e^{10})$

E (t) = (21 10^73) x (0,000045)

$E(t) = 9,45\ 10^{-4} \times 10^{73}$

$E(t) = 9,5\ 10^{69}$ J

- Vamos a calcular E(t) para t = 60 s

$E(t) = (2,1\ 10^{73}) \times (60) \times (e^{-60})$

$E(t) = (126\ 10^{73}) \times (1/e^{60})$

$E(t) = (63\ 10^{73}) \times (8,7\ 10^{-27})$

$E(t) = 548,1 \times 10^{-27} \times 10^{73}$

$E(t) = 548,1\ 10^{46}$

$E(t) = 5,48\ 10^{48}$ J

- Vamos a calcular E(t) para t = 180 s

$E(t) = (2,1\ 10^{99}) \times (180) \times (e^{-180})$

$E(t) = (378\ 10^{99}) \times (1/e^{180})$

$E(t) = (378\ 10^{99}) \times (0,67\ 10^{-78})$

$E(t) = 253,26\ 10^{21}$ J

- Vamos a calcular E(t) para t = 210 s

$E(t) = (2,1\ 10^{73}) \times (210) \times (e^{-210})$

$E(t) = (441\ 10^{73}) \times (1/e^{210})$

$E(t) = (441\ 10^{73}) \times (0,62\ 10^{-91})$

$E(t) = 273,42\ 10^{-18}$ J

$T = E/K = 273,42\ 10^{-18} / 1,38\ 10^{-23} = 198,13\ 10^{5} = 1,98\ 10\ 10^{7}$

$T = 1,98\ 10\ 10^{7}$ K

- Vamos a calcular E(t) para t = 230 s

E (t) = (2,1 10^{73}) x (230) x (e^{-230})

E (t) = (483 10^{73}) x (1/e^{230})

E (t) = (483 10^{73}) x (0,12 10^{-99})

E (t) = 57,96 10^{-26} J

T = E/K = 57,96 10^{-26}/ 1,38 10^{-23} = 42,00 10^{-3}

T = 4,20 10^{-2} K

Como se ve en los cálculos, durante un tiempo mayor a t = 230 s, el universo está en equilibrio.

El circuito RLC paralelo críticamente amortiguado no satisface las condiciones de nuestro universo.

2 I E(T) – ONDAS GRAVITACIONALES PARA UN CIRCUITO PARALELO RLC AMORTIGUADO

Buscaremos una solución para el circuito paralelo RLC amortiguado (α > Wo), es decir, calcularemos cómo varía la energía del universo en función del tiempo E(t).

Para realizar estos cálculos, utilizaremos los valores de la Tabla 1.

Vamos considerar que em el tiempo t = 0^{-}, el agujero negro está proximo a explotar.

$V(0)^{-}$ = 1,08 10^{73} v

I(0)r = I(0)c = 3 10^{21} m/s

λ = 1,000.000 años-luz = 10^{6} x 9,46 10^{15} m

λ = 9,46 10^{21} m

c = λ x f, f = c/λ, f = 3 10^{21} / 9,46 10^{21} = 0,317 Hz

f = 0,317 Hz

W = 2.π.f = 2 x 3,14 x 0,317 = 2

W = 2,00 rad/s

Cálculo del valor de la resistência R.

V (0) = I (0) x R, R = V (0) / I (0) = 1,08 10^{73} / 3 10^{21}

- R = 3,60 10^{51} Ω

Vamos calcular el número de segundos en 380.000 años.

- ***$t = 11{,}81\ 10^{12}$ s***

Vamos a considerar $\alpha = 55\ 10^{9}$ Wo

- $\alpha =$ ***$110\ 10^{9}$***

W = Wo = 2,00 rad/s; la frecuencia fundamental es igual a la frecuencia resonante.

$\alpha = 1 / 2RC$

$C = 1 / 2R\alpha = 1 / 2 \times 3{,}60\ 10^{51} \times 110\ 10^{9} = 1 / 792\ 10^{60} = 0{,}00126\ 10^{-60}$

- $C = 1{,}26\ 10^{-63}$ F

$Wo^2 = 1 / LC,\ L = 1 / Wo^2 \times C = 1 / 4 \times 1{,}26\ 10^{-63} = 1 / 5{,}04\ 10^{-63} = 0{,}19\ 10^{63}$

- $L = 1{,}98\ 10^{62}$ Hy

$S1 = -\alpha + \sqrt{(\alpha^2 - Wo^2)}$

- $S1 = -\ 1{,}81\ 10^{-11}$

$S2 = -\alpha - \sqrt{(\alpha^2 - Wo^2)}$

- ***$S2 = -2{,}19\ 10^{11}$***

$V(t) = A1\ e^{-}\ (1{,}81\ 10^{-11}\ t) + A2\ e^{-}\ (2{,}19\ 10^{11}\ t)$

Vamos a calcular los valores de A1 y A2.

- Vamos calcular V(0).

$V\ (t) = A1\ e^{-}\ (1{,}81\ 10^{-11} t) + A2\ e^{-}\ (2{,}19\ 10^{11}\ t)$

$V\ (0) = A1 + A2 = 0$

$A1 = -\ A2$

- Vamos calcular dV(0)/dt = ?

$V\ (t) = A1\ e^{-}\ (1{,}81 \times 10^{-11}\ t) + A2\ e^{-}\ (2{,}19\ 10^{11}\ t)$

$dV(t)/dt = -\ 1{,}81\ 10^{-11}(A1)\ e^{-}\ (1{,}81\ 10^{-11}\ t) - 2{,}19\ 10^{11}(A2)\ e^{-}\ (2{,}19\ 10^{11}\ t)$

$dV(0)/dt = -\ 1{,}81\ 10^{-11} \times A1 - 2{,}19\ 10^{11} \times A2$

- Vamos calcular dV(0)/dt = ?

IR + IC + IL = 0; Para t = 0, IL = 0

V/R + CdV(t)/dt = 0

dV(0)/dt = V/RC = 1,08 10^{73}/ 3,60 10^{51} x 1,26 10^{-63}

dV(0)/dt = 1,08 10^{73} / 4,53 10^{-12} = 0,238 10^{85}

dV(0)/dt = 2,38 10^{84}

- 1,81 10^{-11} x A1 - 2,19 10^{11} x A2 = 2,38 10^{74}, substituyendo A1 = -A2

1,81 10^{-11} x A2 - 2,19 10^{11} x A2 = 2,38 10^{74}, 1,81 10^{-11} x A2 és despreciable

- 2,19 10^{11} x A2 = 2,38 10^74

A2 = - 2,38 10^{84} / 2,19 10^{11} = - 1,08 10^{73}

A2 = - 1,086 10^{73}

A1 = + 1,086 10^{73}

E (t) = 1,08 10^{73} {e $^{-}$ (1,81 10^{-11} t)} - 1,08 10^{73} {e $^{-}$ (2,19 10^{11} t)} + Eo

Esta ecuación representa el cambio de energía E(t) en función del tiempo. Esta ecuación también representa el espectro de ondas gravitacionales generadas en la era de la inflación del Big Bang (expansión del espacio-tiempo).

- Vamos calcular E(t) para t = 0 s

E (t) = 1,08 10^{73} {e^{-} (1,81 10^{-11} t)} - 1,08 10^{73} {e^{-} (2,19 10^{11} t)} + E0

E (0) = E0

- Vamos calcular E(t) para t = (1/1,81) 10^{11} s

E (t) = 1,08 10^{73} {e^{-} (1,81 10^-11 t)} - 1,08 10^{73} {e^{-} (2,19 10^{11} t)}

E (t) = 1,08 10^{73} e^{-1} = 0,397 10^{73} joules

E (t) = 0,397 10^{73} J

- Vamos calcular E(t) para t = (1/2,19) 10^{-11} s

E (t) = 1,08 10^{73} {e^{-} (1,81 10^{-11} t)} - 1,08 10^{73} {e^{-} (2,19 10^{11} t)}

E (t) = 1,08 10^{73} {e^{-} (0,82 10^{-22})} - 1,08 10^{73} {e^{-1}}

E (t) = 1,08 10^{73} - 0,397 10^{73} = 0,68 10^{73}

E (t) = 0,68 10^{73} J

- Vamos calcular E(t) para t = 11,81 10^{12} s, (380.000 años)

E (t) = 1,08 10^{73} {e^{-} (1,81 10^{-11} t)} – 1,08 10^{73} {e^{-} (2,19 10^{11} t)}

E (t) = 1,08 10^{73} {$e^{-\ 213}$}

E (t) = 1,08 10^{73} / 3,19 10^{92} = 0,33 10^{-19} J

T = E/K = 0,33 10^{-19} / 1,38 10^{-23} = 0,239 10^{4} = 2390 k

Aproximadamente la temperatura del fondo cósmico de microondas CMB.

t (seg)	E (joules)	E (joules)
4,50E-20	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-19	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-18	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-17	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-16	-1,08E+73	1,08E+73
4,50E-15	-1,07E+73	1,08E+73
4,50E-12	-3,90E+72	1,08E+73
4,50E-11	-4,89E+68	1,08E+73
4,50E-10	-4,00E+29	1,08E+73
4,50E-09	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-08	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-07	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-06	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-05	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-04	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-03	0,00E+00	1,08E+73

5,50E-02	0,00E+00	1,08E+73
5,50E-01	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+00	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+01	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+02	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+03	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+04	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+05	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+06	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+07	0,00E+00	1,08E+73
5,50E+08	0,00E+00	1,06E+73
5,50E+09	0,00E+00	9,70E+72
5,50E+10	0,00E+00	3,90E+72
5,50E+11	0,00E+00	4,89E+68
5,50E+12	0,00E+00	4,00E+29
5,50E+13	0,00E+00	0,00E+00

Tabela 4 - Representa la variación de energía E(t) separadas en función del tiempo

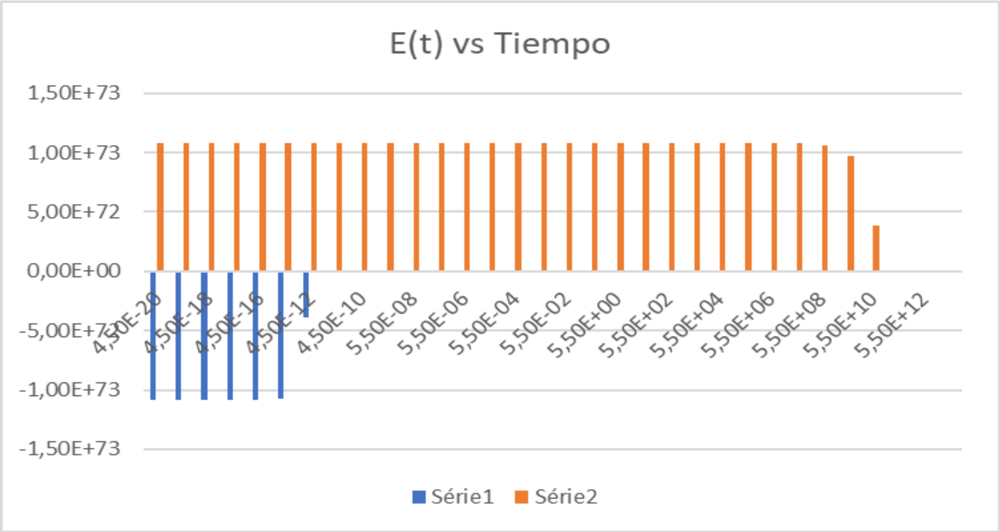


Figura 22 – Representa la vaiación de energía E(t) separadas en función del tiempo

t (seg)	E (joules)
4,50E-20	0,00E+00
4,50E-19	0,00E+00
4,50E-18	0,00E+00
4,50E-17	0,00E+00
4,50E-16	0,00E+00
4,50E-15	0,00E+00
4,50E-14	0,00E+00
4,50E-13	4,00E+29
4,50E-12	4,89E+68
4,50E-11	3,90E+72
4,50E-10	9,70E+72
4,50E-09	1,08E+73
5,50E-08	1,08E+73
5,50E-07	1,08E+73
5,50E-06	1,08E+73
5,50E-05	1,08E+73
5,50E-04	1,08E+73
5,50E-03	1,08E+73
5,50E-02	1,08E+73
5,50E-01	1,08E+73
5,50E+00	1,08E+73
5,50E+01	1,08E+73
5,50E+02	1,08E+73
5,50E+03	1,08E+73
5,50E+04	1,08E+73
5,50E+05	1,08E+73
5,50E+06	1,08E+73
5,50E+07	1,08E+73
5,50E+08	1,06E+73
5,50E+09	9,70E+72
5,50E+10	3,90E+72
5,50E+11	4,89E+68
5,50E+12	4,00E+29
5,50E+13	0,00E+00

Tabela 5 - Representa la variación en la energía total E(t) en función del tiempo

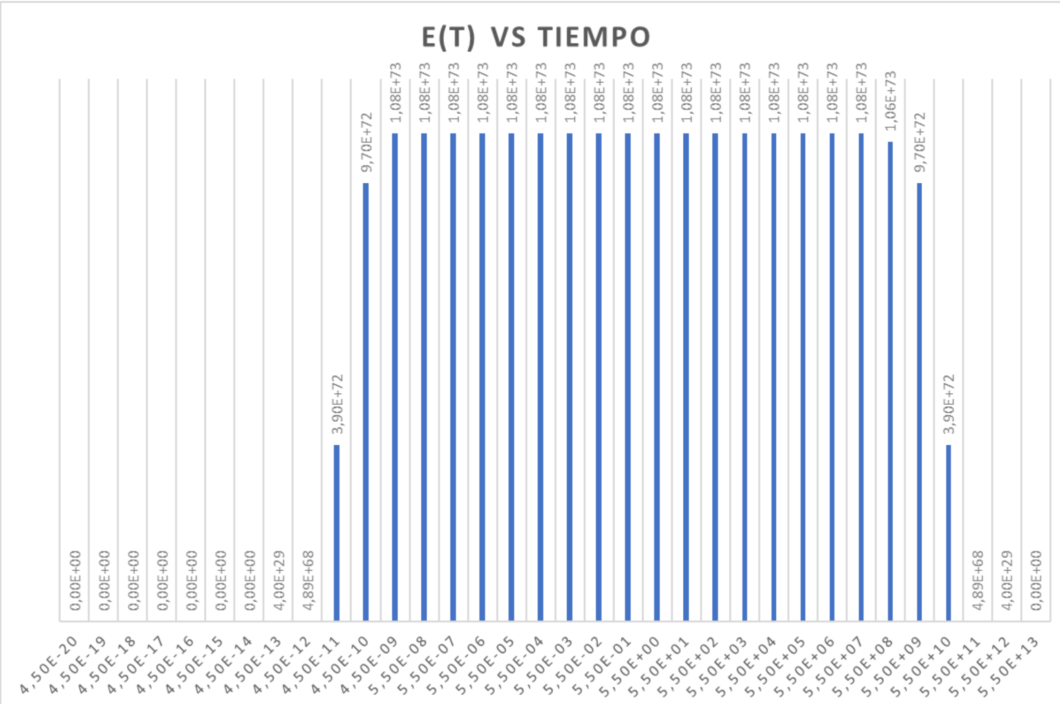


Figura 23 – Representa la variación en la energía total E(t) en función del tiempo

Si analizamos la Tabla 5 y la Figura 23, se puede ver para t = 10^{-14} seg, el agujero negro explota y la energía comienza a aumentar hasta llegar a un máximo en t = 10^{-9} seg, a partir de ahí, la energía permanece constante hasta aproximadamente t = 10^{8} seg (aproximadamente 3,21 años). A partir de t = 10^{8} s, la energía empieza a disminuir hasta llegar a un mínimo (3 K) en t = 1,22 10^{13} s.

También se calculó para t = 11,81 10^{12} s, (380.000 años), la energía del espacio - tiempo E(t) = 0,33 10^{-19} J, que corresponde a una temperatura aproximada de T = 2390 K.

Cuando se forma un agujero negro, por ejemplo, para una estrella de 20 masas solares, el agujero negro formado tendría un radio de 8,89 km y una masa de 3Ө (tres soles), es decir, las 17 masas solares restantes se pierden en una explosión de Súper Nova. También destacaremos nuevamente que en esta explosión, el agujero negro pierde toda la energía del campo de fuerza electromagnético y del campo de fuerza débil, es decir, la masa de los 3 soles que lo constituyen estaría formada por una sopa de quarks y gluones. envolvidas en un espacio-tiempo con un radio de 8,89 km y una masa equivalente a 3Ө; dentro de un agujero negro solo quedan el campo de fuerza fuerte y el campo de

fuerza gravitacional.

Es muy importante analizar que la formación de un agujero negro produce una contracción del espacio-tiempo.

Por ejemplo, para el sol, la contracción sería del siguiente orden:

Radio do sol = 696,340 km

Rs = 3 km

$V_s = 4\pi R^3/3 = 4 \times 3{,}14 \times (6{,}96 10^8)^3 / 3 = 1411{,}54\ 10^{24}$

$V_{BH} = = 4 \times 3{,}14 \times (3\ 10^3)^3 / 3 = 113{,}04\ 10^9$

$V_s / V_{BH} = 1411{,}54\ 10^{24} / 113{,}04\ 10^9 = 12{,}48\ 10^{15}$, en tres dimensiones.

Según los cálculos realizados, el factor de contracción volumétrica aproximado es del orden de $12{,}48\ 10^{15}$ veces, es decir, un factor de 10^5 veces en cada eje dimensional (X, Y, Z). Cuando explota un agujero negro, se espera que el espacio-tiempo se recupere de esta contracción.

Realizaremos los cálculos para determinar si la expansión del espacio-tiempo tras la explosión de un agujero negro es del orden de la contracción para la formación de dicho agujero negro.

Diremos también que la velocidad de expansión del espacio-tiempo, después de la explosión, corresponde a la velocidad de $V = 3\ 10^{21}$ m/s, hasta un tiempo $t = 1{,}22\ 10^{13}$ s.

V = E / T, esto implica que E = V x T

$E = 3\ 10^{21} \times 1{,}22\ 10^{13} + 3\ 10^8 \times 4{,}35\ 10^{17} = 3{,}66\ 10^{34}$ m + $1{,}30\ 10^{26}$ m

$E = 3{,}66\ 10^{35}$ m

Ahora dividamos la expansión del espacio-tiempo calculada anteriormente, con el radio de Schwarzschild dado en la Tabla 1, para una velocidad $v = 3\ 10^{21}$ m/s

Fe = 4 x (E / Rs) = 4 x (3,66 10^{35} m / 1,59 10^{30}) = 9,2 10^{5}

Podemos concluir que el factor de expansión del espacio-tiempo Fe después de la explosión de un agujero negro es del orden de la contracción del espacio-tiempo para la formación de dicho agujero negro, y es del orden de 10^{5} veces en una dimensión y del orden de 10^{15} veces en 3 dimensiones aproximadamente.

3 I MODELO LAMBDA-CDM VS MODELO RLC AMORTIGUADO

Para comenzar a hablar sobre el modelo Lambda-CDM, primero definamos el concepto de isotropía y homogeneidad.

Isotropía: características de ciertos medios cuyas propiedades físicas son las mismas independientemente de la dirección en que se realicen las mediciones. Desde un punto de vista óptico, característica de un medio que tiene el mismo índice de refracción en todas las direcciones.

Homogénea: Una mezcla o sustancia es homogénea, por lo que presenta una composición y estructura uniformes.

El modelo Lambda-CDM es un modelo isotrópico y homogéneo y utiliza la métrica FLRW como primera aproximación para determinar la expansión y contracción del universo.

La métrica FLRW es una solución exacta de la ecuación de campo de la relatividad general de Einstein.

Lambda-CDM, donde Lambda está relacionado con la energía oscura y CDM (Cold Dark Mather) está relacionado con la materia oscura.

El modelo Lambda-CDM supone que el universo nació de un punto infinitesimal de densidad infinitamente grande (una singularidad). En este modelo, el espacio-tiempo se rige por la métrica FLRW; es un modelo donde se presentan la inflación cósmica, la energía oscura y la materia oscura. En este modelo, el espacio-tiempo es isótropo y homogéneo.

El modelo RLC amortiguado es un modelo que asume que nuestro universo (universo local) nació de la explosión de un agujero negro cuya energía se expande en un universo existente. En este modelo, el espacio-tiempo que determina la evolución del universo está representado por una ecuación diferencial de segundo grado. Es un modelo anisótropo y homogéneo. Es anisotrópico porque, a diferencia del modelo Lambda-CDM, donde el espacio-tiempo se expande de la misma manera en todas las direcciones, gobernado por la métrica FLRW; en el modelo RLC amortiguado, el espacio-tiempo no se expande simétricamente en todas las direcciones. Si analizamos el espectro de fase en el dominio de

la frecuencia, se observa que la expansión del espacio-tiempo es asimétrica y dependiente de la frecuencia y el tiempo. Esta asimetría es posiblemente la causa de las discrepancias encontradas en el valor de la constante de Hubble. También deberíamos decir que, en este modelo, la materia oscura está relacionada con la masa imaginaria de un agujero negro que resulta de la suposición de que la velocidad de campo de los quarks y gluones es mayor que c = 300.000 km/s dentro de un agujero negro.

4 I FRECUENCIA DE RESONANCIA Y ANCHO DE BANDA EN EL CIRCUITO RLC AMORTIGUADO

Resonancia: La resonancia es una condición en un circuito RLC donde las reactancias capacitiva e inductiva son de igual magnitud, dando lugar a una impedancia resistiva.

$\omega 0 = 1 / \sqrt{LC}$, rad/s

Factor de calidad Q: Es un indicador de cuánta energía se almacena en comparación con cuánta energía se disipa. Cuanto menor sea el nivel de disipación para la misma potencia reactiva, mayor será el Q y más concentrada e intensa la región de resonancia.

$Q = \omega 0 / B = \omega 0 \times RC = R / \omega 0L$, factor de calidad.

$B = \omega 2 - \omega 1 = 1 / RC$, ancho de banda.

$B = \omega 0 / Q$, ancho de banda.

$\omega 1 = + 1 / 2RC - \sqrt{(1 / 2RC)^2 + (1 / LC)}$, frecuencia baja.

$\omega 2 = + 1 / 2RC + \sqrt{(1 / 2RC)^2 + (1 / LC)}$, frecuencia alta.

Se dice que un circuito tiene Q alto cuando su factor de calidad es igual o mayor a 10 ($Q \geq 10$).

$\omega 1 \approx \omega 0 - B\ 2$

$\omega 2 \approx \omega 0 + B\ 2$

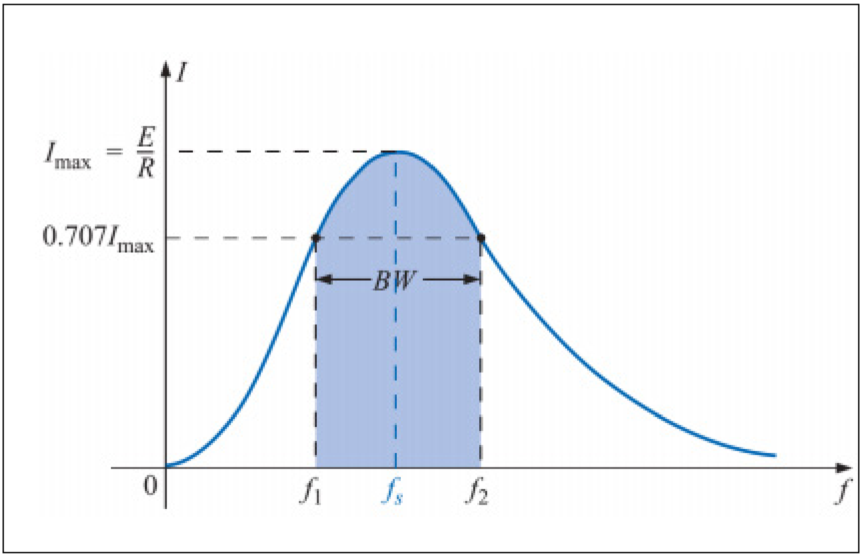


Figura 24 – Ancho de banda.

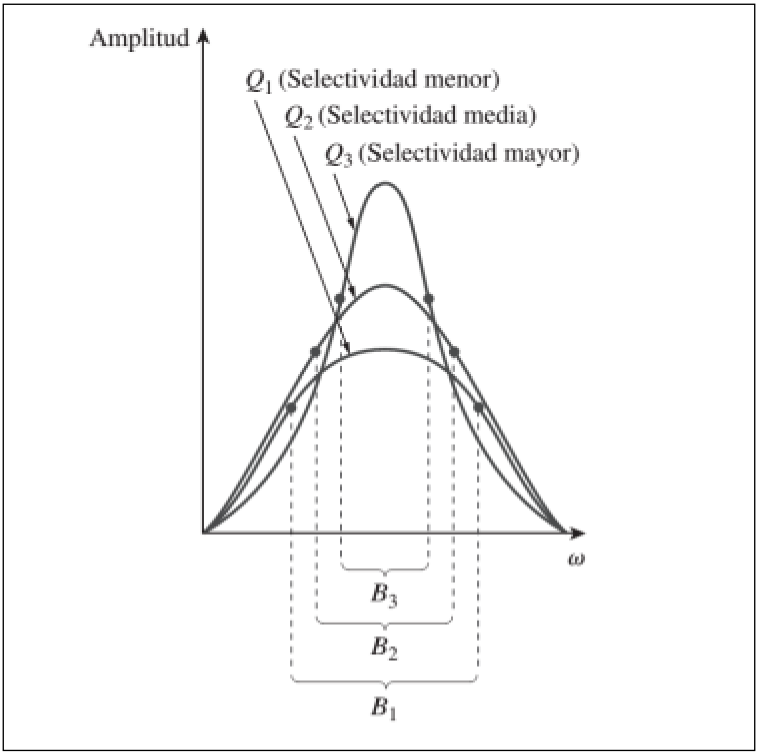


Figura 25 – Factor Q vs ancho de banda.

Realizaremos los cálculos de ω0, Q, B, ω1 y ω2 para nuestro circuito RLC amortiguado.

- **R = 3,60 10^{51} Ohms**
- **L = 1,98 10^{62} Hy**
- **C = 1,26 10^{-63} F**

ω0 = 1 / √ LC rad/s

ω0 = 1 / √ LC = 1 / √ (*1,98 10^{62} Hy* x *1,26 10^{-63} F) = 1 /* √2,49 x 10^{-1} =

- ω0 = 2,00 rad/s, frecuencia de resonancia.

Q = ω0 / B = ω0 x RC

Q = 2,00 x 3,60 10^{51} x 1,26 10^{-63} = 9,07 10^{-12}

- Q = 9,07 10^{-12} (rad/seg) Ohms F, factor de calidad.

B = ω0 / Q = 1 / RC

B = 1 / 3,60 10^{51} x 1,26 10^{-63} = 1 / 4,53 10^{-12} = 0,2207 10^{12} = 22,07 10^{10}

- B = 2,207 10^{11} rad/seg, ancho de banda.

ω2 = + 1 / 2RC + √ (1 / 2RC)² + (1 / LC), frecuencia alta.

ω2 = + α + √ (α)^2 + (ω0)^2

ω2 = 11,00 10^{10} + √ (121,00 10^{20} + 4)

- ω2 = 2,2 10^{11} rad/s

ω1 = -1 / 2RC + √ (1 / 2RC)² + (1 / LC), frecuencia baja.

ω1 = - α + √ ((α)^2 + (ω0)^2)

ω1 = -11,00 10^10 - √ (121,00 10^{20} + 4)

- ω1 = 1,81 10^{-11} rad/s

Comentários:

Se observa que el circuito RLC amortiguado se comporta como un filtro pasabanda cuya frecuencia superior ω2 = 2,19 10^{11} rad/s, corresponde a -45 grados y cuya frecuencia inferior ω1 = 1,81 10^{-11} rad/s, corresponde a +45 grados. También observamos que el ángulo varía en 180 grados, donde ω0 corresponde a 0 grados, (ω → 0) corresponde a 90

grados y (ω → ∞) corresponde a -90 grados.

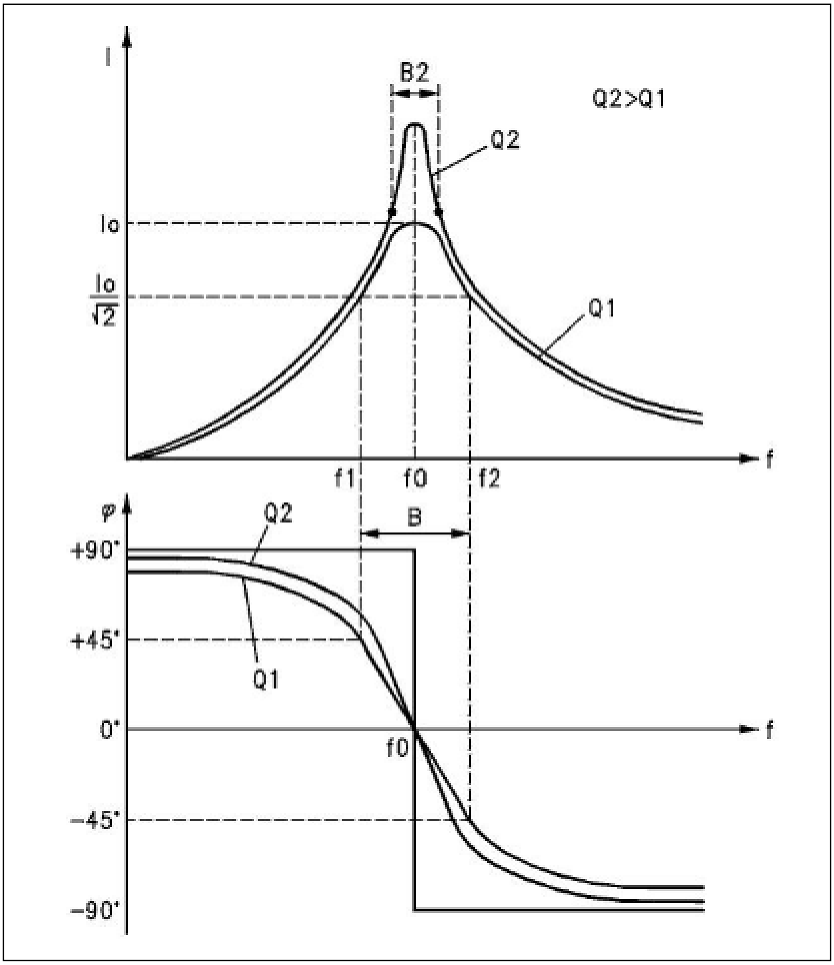


Figura 26 – Curvas de resonancia de un circuito RLC en serie.

5 I ANÁLISE CMB VS MODELO RLC AMORTIGUADO

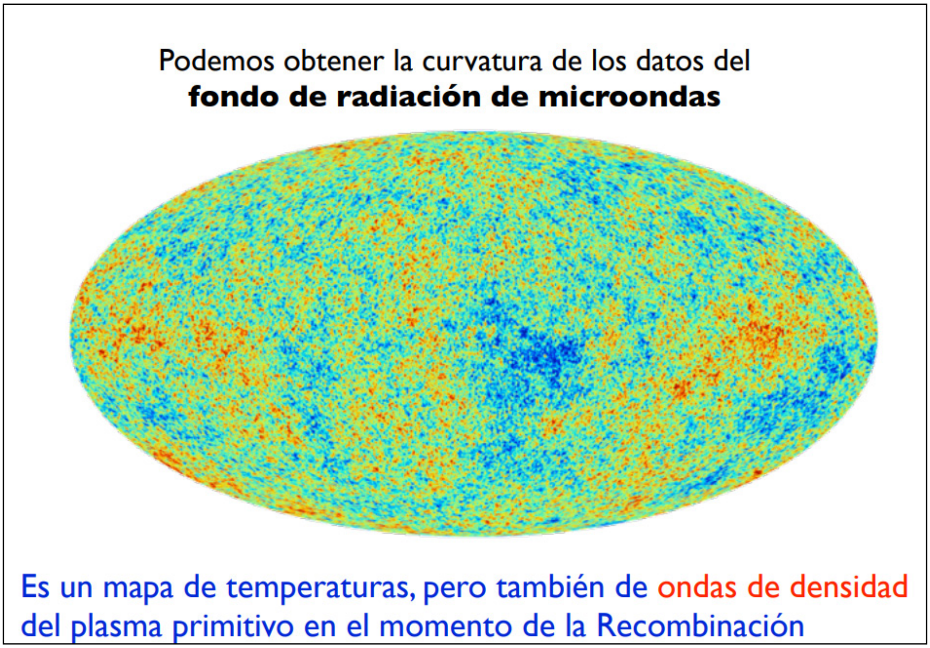


Figura 27 – Anisotropía del fondo de radiación de microondas CMB.

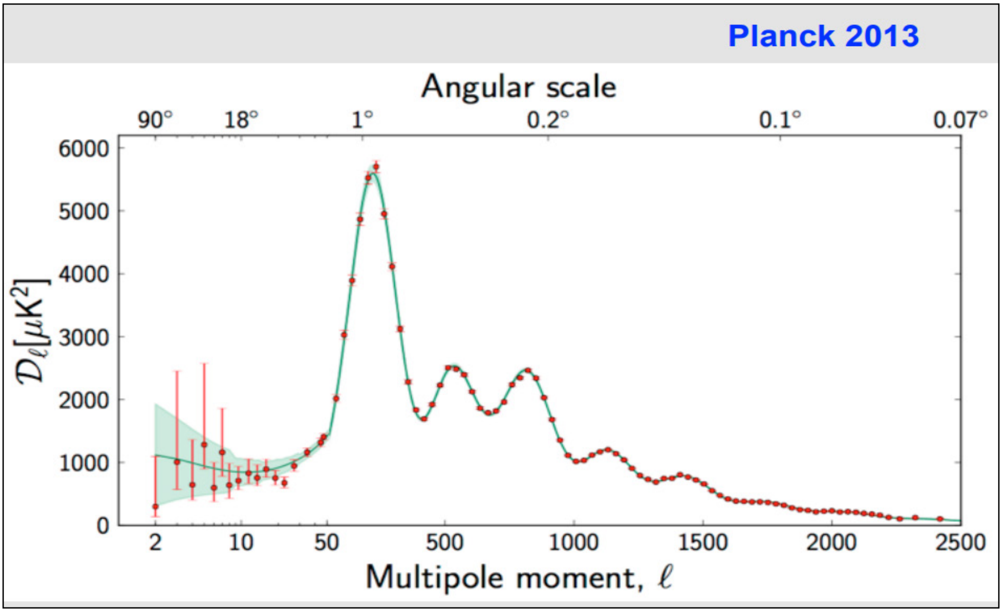


Figura 28 – Espectro de sonido del fondo de radiación de microondas CMB.

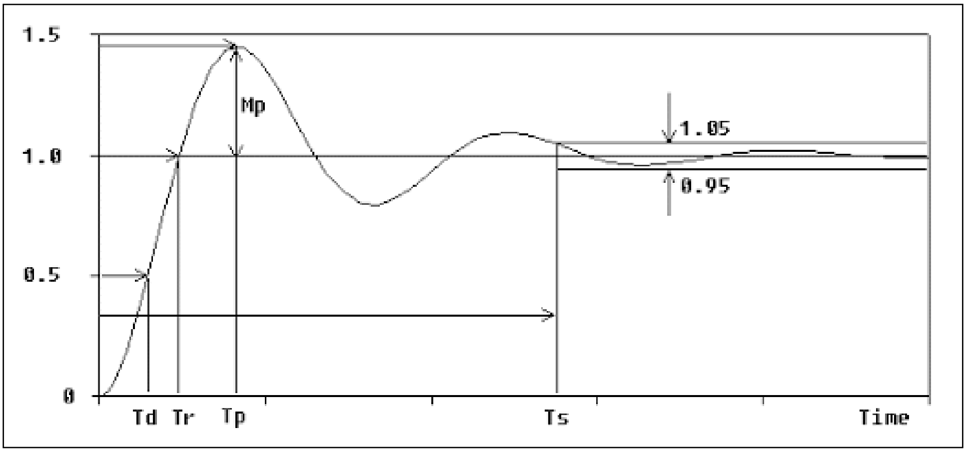


Figura 29 – Respuesta transitoria de un sistema RLC de segundo orden amortiguado.

En la Figura 27, los puntos rojos más calientes corresponden a los puntos más densos y los puntos azules más fríos corresponden a los puntos menos densos. Dijimos que en el modelo RLC amortiguado, la expansión del espacio-tiempo no es simétrica; dijimos que la expansión del espacio-tiempo es una función de la frecuencia y es asimétrica. Es precisamente esta asimetría de expansión espacio-temporal, que es función de la frecuencia, la que provoca esta variación o contraste de densidad y temperatura que se observa en la Figura 27, y que corresponde a la anisotropía de la radiación de fondo de microondas.

En la Figura 28 se observa el espectro sonoro (espectro de potencia) del fondo de radiación de microondas. El pico máximo corresponde a la frecuencia fundamental y tiene una longitud de onda de 1,000.000 de años luz y corresponde a una frecuencia fundamental $\omega = 2$ rad/s.

Si comparamos la Figura 29, que corresponde a la respuesta transitoria de un sistema RLC amortiguado de segundo orden, con la Figura 28, que corresponde al espectro de sonido de la radiación de fondo de microondas, vemos que los dos gráficos son muy similares. Esto nos dice que nuestro modelo RLC va por buen camino.

Observaciones: Sería muy importante calcular y conocer el espectro de fase para ver cómo varía la fase con el tiempo. Así podríamos determinar cómo sería la expansión del espacio-tiempo en función de la frecuencia y entonces tendríamos una mejor idea, para finalmente determinar la energía oscura.

En nuestro modelo RLC amortiguado, la frecuencia fundamental es la frecuencia resonante.

- $\omega = \omega 0 = 2$ rad/s.

$\lambda = 1{,}000.000$ años-luz $= 10^{6} \times 9{,}46\ 10^{15} = 9{,}46\ 10^{21}$

- $\lambda 0 = 9{,}46\ 10^{21}$ m

$f0 = \omega 0 / 2\pi = 2 / 2 \times 3{,}14 = 0{,}31$ Hz

- $f0 = 0{,}31$ Hz

- $\omega 1 = 1{,}81\ 10^{-11}$ rad/s

$f1 = \omega 1 / 2\pi = 1{,}81\ 10^{-11}$ rad/s $/ 2 \times 3{,}14 = 2{,}88\ 10^{-12}$

- $f1 = 2{,}88\ 10^{-12}$ Hz

$\lambda 1 = C / f1 = 3\ 10^{21} / 2{,}88\ 10^{-12} = 1{,}08\ 10^{33}$

- $\lambda 1 = 1{,}08\ 10^{33}$ m

- $\omega 2 = 2{,}19\ 10^{11}$ rad/s

$f2 = \omega 2 / 2\pi = 2{,}19\ 10^{11} / 2 \times 3{,}14 = 0{,}348\ 10^{11}$

- $f2 = 0{,}348\ 10^{11}$ Hz

$\lambda 2 = C / f2 = 3\ 10^{21} / 0{,}348\ 10^{11} = 8{,}60\ 10^{10}$

- $\lambda 2 = 8{,}60\ 10^{10}$ m

VI. Cálculo de la densidad del agujero negro antes de la explosión en $t = 0^{-}$s.

$R = 1{,}59\ 10^{30}$ m

$Ms = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

$\rho = m / v = m / (4/3 \times \pi \times R^2) = 1{,}20\ 10^{82} / 1{,}33 \times 3{,}14 \times 4{,}01\ 10^{90} = 0{,}07148\ 10^{-8}$ kg/m3

▶ $\rho = 7{,}148\ 10^{-10}$ kg/m3

▶ $\rho = 7{,}148\ 10^{-13}$ gr/cm3

VII. Cálculo del tiempo y la densidad para una expansión del 100 % para $\lambda 0$, $\omega 0 =$ 2 rad/s.

Calcularemos el tiempo t para el cual el espacio-tiempo se ha expandido al 100%,

para el frente de onda λ = 1,000.000 de años luz.

Usamos la siguiente ecuación:

$E(t) = 1{,}08\ 10^{73}\ \{e^{-}(1{,}81\ 10^{-11}\ t)\} - 1{,}08\ 10^{73}\ \{e^{-}(2{,}19\ 10^{11}\ t)\} + Eo$

Recuerda que la energía se estabiliza cuando el espacio alcanza los 2,7 K, lo que corresponde a $3{,}72\ 10^{-23}$ J.

$3{,}72\ 10^{-23} = 1{,}08\ 10^{73}\ e^{-}(1{,}81\ 10^{-11}\ t)$

$e^{-}(1{,}81\ 10^{-11}\ t) = 0{,}290\ 10^{96}$

$1{,}81\ 10^{-11}\ t = \ln(0{,}290\ 10^{96})$

$t = \ln(0{,}290\ 10^{96}) / 1{,}81\ 10^{-11} = 219{,}84 / 1{,}81\ 10^{-11} = 121{,}46\ 10^{11}$

- $t = 1{,}22\ 10^{13}$ s

En $t = 1{,}22\ 10^{13}$ s, el espacio-tiempo se ha expandido por un factor de:

$e = 1{,}22\ 10^{13}$ s x $3\ 10^{21}$ m/s = $3{,}66\ 10^{34}$ m.

$R = 3{,}66\ 10^{34}$ m

$Ms = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

$\rho = m / v = m / (4/3 \times \pi \times R^3) = 1{,}20\ 10^{82} / (1{,}33 \times 3{,}14 \times 49{,}02\ 10^{102}) = 5{,}8\ 10^{-23}$

▶ $\rho = 5{,}8\ 10^{-23}\ kg/m^3$

▶ $\rho = 5{,}8\ 10^{-26}\ gr/cm^3$

VIII. Cálculo de la densidad del universo para $t = 11{,}81\ 10^{12}$ s.

Primero, calcularemos para $t = 11{,}81\ 10^{12}$ s, cuánto espacio-tiempo se ha expandido.

Este tiempo, $t = 11{,}81\ 10^{12}$ s, corresponde al instante de la recombinación con una temperatura aproximada de 2400 K

$E = V \times T = 3\ 10^{21} \times 11{,}81\ 10^{12} = 35{,}43\ 10^{33}$ m

$R = 3{,}5\ 10^{34}$ m

$Ms = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

$\rho = m / v = m / (4/3 \times \pi \times R^3) = 1{,}20\ 10^{82} / (1{,}33 \times 3{,}14 \times 42{,}87\ 10^{102}) = 0{,}0945\ 10^{-26}$

▶ $\rho = 6{,}70\ 10^{-23}\ kg/m^3$

▶ $\rho = 6{,}70\ 10^{-26}\ gr/cm^3$

Importante:

El 96% representa el porcentaje de expansión de longitud de onda λ (1,000.000 de años luz) y también representa el porcentaje de energía de longitud de onda λ que ha convoluido con el universo existente.

4% representa el porcentaje que falta expandir el espacio-tiempo en la longitud de onda λ, para llegar al 100%.

IX. Cálculo de << ΩM,o >>

Calculemos ΩM,o con nuestros datos obtenidos de nuestro modelo.

En nuestro modelo, la masa calculada del universo corresponde a:

Ma = $1{,}20\ 10^{56}$ kg, masa bariónica de nuestro universo.

Ms = $1{,}20\ 10^{82}$ kg, masa de materia oscura en nuestro universo.

Al día de hoy, corresponde un t = $4{,}35\ 10^{17}$ s

¿Cuánto espacio-tiempo se ha ampliado hasta la fecha? Calculemos.

Consideremos dos posibilidades:

a. Expansión máxima:

$R = 3\ 10^{21}$ m/s x $4{,}3\ 10^{17}$ s = $12{,}89\ 10^{38}$ m

El tiempo promedio estimado en el universo es $13{,}800\ 10^{6}$ a**ñ**os.

$13{,}800\ 10^{6}$ anos, corresponden a t = $4{,}35\ 10^{17}$ s

Calculemos el espacio que recorrió la luz en ese tiempo com c = $3\ 10^{8}$ m/s.

$E = V \times t = 3\ 10^{8} \times 4{,}35\ 10^{17} = 13{,}05\ 10^{25}$ m

En una dimensión, el universo tendrá el siguiente radio:

$Ru = 1{,}28\ 10^{39} + 13{,}05\ 10^{25} \approx 1{,}28\ 10^{39}$ m

Ru = $1{,}28\ 10^{39}$ m, radio del universo.

Du = $2{,}56\ 10^{39}$ m, diámetro del universo.

1 año-luz = $9{,}46\ 10^{15}$ m

$Ru = 12{,}8\ 10^{38} / 9{,}46\ 10^{15} = 1{,}3530\ 10^{23}$ años-luz

$Ru = 1{,}3530\ 10^{5} \times 10^{18}$ años-luz

- Ru = 135,300 trillones de años-luz, radio del universo.
- Du = 270,600 trillones de años-luz, diámetro del universo.

Conociendo el radio del universo, calcularemos la densidad.

Ru = $1,28\ 10^{39}$ m, radio del universo.

$\rho = m / v$, $\rho = m / (4/3 \times \pi \times R^3) = 1,20\ 10^{82} / 1,33 \times 3,14 \times 2,09\ 10^{117}$

$\rho = 1,20\ 10^{82} / 8,72\ 10^{117} = 0,13\ 10^{-35}$ kg/ m^3 = $1,3\ 10^{-36}$ kg/m3

$\rho = 1,3\ 10^{-36}$ kg/m3

$\rho = 1,3\ 10^{-39}$ g/cm3

$\rho o = 1,3\ 10^{-39}$ g/cm^3, densidad del universo hoy.

$\rho cr,o = 3,84\ 10^{-29}$ g/cm^3, densidad crítica del universo hoy.

$\Omega M,o = \rho o / \rho cr,o = 1,3\ 10^{-39} / 3,84\ 10^{-29} = 0,33\ 10^{-10}$

$\Omega M,o = 0,33\ 10^{-10}$
$\Omega M,o < 1$

b. Expansión mínima:

R = $3\ 10^{21}$ m/s x $1,22\ 10^{13}$ s = $3,66\ 10^{34}$ m

El tiempo promedio estimado en el universo es $13,800\ 10^{6}$ a**ñ**os.

$13,800\ 10^{6}$ anos, corresponden a t = $4,35\ 10^{17}$ s

Calculemos el espacio que recorrió la luz en ese tiempo con c = $3\ 10^{8}$ m/s.

E = V x t = $3\ 10^{8} \times 4,35\ 10^{17} = 13,05\ 10^{25}$ m

En una dimensión, el universo tendrá el siguiente radio:

Ru = $3,66\ 10^{34} + 13,05\ 10^{25} \approx 4,66\ 10^{34}$ m

Ru = $3,66\ 10^{34}$ m, radio del universo.

Du = $7,32\ 10^{34}$ m, diámetro del universo.

1 año-luz = $9,46\ 10^{15}$ m

Ru = $3,66\ 10^{34} / 9,46\ 10^{15} = 0,3868\ 10^{19}$ años-luz

Ru = $3,86\ 10^{18}$ años-luz

- Ru = 3,86 trillones de años luz, radio del universo.
- Du = 7,72 trillones de años luz, diámetro del universo.

Conociendo el radio del universo, calcularemos la densidad.

Ru = $3,86\ 10^{34}$ m, radio del universo.

$\rho = m / v$, $\rho = m / (4/3 \times \pi \times R^3) = 1{,}20\ 10^{82} / (1{,}33 \times 3{,}14 \times 57{,}51\ 10^{102})$

$\rho = 1{,}20\ 10^{82} / 240{,}17\ 10^{102} = 0{,}004996\ 10^{-20}$ kg/ m³ = $4{,}996\ 10^{-23}$ kg/m3

$\rho = 4{,}996\ 10^{-23}$ kg/m3

$\rho = 4{,}996\ 10^{-26}$ g/cm3

$\rho o = 4{,}996\ 10^{-26}$ g/cm³, densidad del universo hoy.

$\rho cr,o = 3{,}84\ 10^{-29}$ g/cm³, densidad crítica del universo hoy.

$\Omega M,o = \rho o / \rho cr,o = 4{,}996\ 10^{-26} / 3{,}84\ 10^{-29} = 1{,}30\ 10^3$

ΩM,o = 1,30 10³
ΩM,o >1

c. Expansión mas provable de ΩM,o.

E1 = V1 x t1

V1 = $3\ 10^{21}$ m/s; t1 = $1{,}22\ 10^{13}$ s

E1 = $3\ 10^{21} \times 1{,}22\ 10^{13} = 3{,}66\ 10^{34}$ m

E2 = V2 x t2

V2 = $3\ 10^{8}$ m/s; t2 = $4{,}35\ 10^{17}$ s

E2 = $3\ 10^{8} \times 4{,}35\ 10^{17} = 13{,}05\ 10^{25}$ m

E = E1 + E2

E = $3{,}66\ 10^{34} + 1{,}30\ 10^{26}$

Consideramos que E2 suma aproximadamente una potencia de 10 con respecto a E1.

E = $3{,}66\ 10^{35}$ m

En una dimensión, el universo tendrá el siguiente radio:

Ru = $3{,}66\ 10^{35}$ m

Du = $7{,}32\ 10^{35}$ m

1 año-luz = $9{,}46\ 10^{15}$ m

Ru = $3{,}66\ 10^{35} / 9{,}46\ 10^{15} = 0{,}386\ 10^{20}$ año-luz

- Ru = 38,6 trillones de años luz, radio del universo.
- Du = 77,2 trillones de años luz, diámetro del universo.

Conociendo el radio del universo, calcularemos la densidad.

$Ru = 3,66\ 10^{35}$ m

$\rho = m / v$, $\rho = m / (4/3 \times \pi \times R^3) = 1,20\ 10^{82} / (1,33 \times 3,14 \times 49,02\ 10^{105})$

$\rho = 1,20\ 10^{82} / 204,75\ 10^{105} = 0,00586\ 10^{-23} = 5,86\ 10^{-26}$ kg/m³

$\rho = 5,86\ 10^{-26}$ kg/m3

$\rho o = 5,86\ 10^{-29}$ g/cm³, densidad del universo hoy.

$\rho cr,o = 3,84\ 10^{-29}$ g/cm3, densidad crítica del universo hoy.

$\Omega M,o = \rho o / \rho cr,o = 5,86\ 10^{-29} / 3,84\ 10^{-29} = 1,52\ 10^{0} = 1,52$

$\Omega M,o = 1,52$

d. Finalmente, podemos concluir que ΩM,o; varía entre los siguientes límites

$0,33\ 10^{-10} < \Omega M,o < 1,30\ 10^3$
ΩM,o = 1,52; valor mas probable.

V. Cálculo de la expansión asimétrica del espacio-tiempo en función de la frecuencia.

Ejemplo 1:

Realizaremos ejemplos de cómo se expande el espacio-tiempo en función de la frecuencia.

$E (t) = 1,08\ 10^{73} \{e^{-} (1,81\ 10^{-11}\ t)\} - 1,08\ 10^{73} \{e^{-} (2,19\ 10^{11}\ t)\} + Eo$

$E(\omega 1) = 0,707$ Emax

$0,707 = 1 / e - (1,81\ 10^{-11}\ t)$

$t = \ln (1,41) / 1,81\ 10^{-11} = 0,3467 / 1,81\ 10^{-11} = 1,915\ 10^{10}$ s

- $t1 = 1,915\ 10^{10}$ s

Para $\omega 1 = 1,81\ 10^{-11}$ rad/s, corresponde $t1 = 1,915\ 10^{10}$ s

Ahora realizaremos el mismo cálculo para ω2.

$E(\omega 2) = 0,707$ Emax

$0,707 = 1 / e^{-}(2,19\ 10^{11}\ t)$

$t = \ln (1,41) / 2,19\ 10^{11} = 0,3467 / 2,19\ 10^{11} = 0,158\ 10^{-11}$ s

- $t2 = 0,158\ 10^{-11}$ s

Para $\omega 2 = 2,19\ 10^{11}$ rad/s, corresponde $t2 = t = 0,158\ 10^{-11}$ s

Si consideramos t2 = 0, instante en que se genera ω2, vemos que ω1 avanza 90 grados, como se muestra en la Figura 26, y esta diferencia de fase corresponde a una diferencia de desplazamiento de:

$I\Delta tI = I\ t1 - t2I = I1{,}915\ 10^{10} - 0{,}158\ 10^{-11}I = 1{,}915\ 10^{10}$ s

$I\Delta tI = 1{,}915\ 10^{10}$ s

Esta variación de tiempo ocurre dentro del intervalo de expansión del espacio-tiempo, por lo que su velocidad corresponde a $3\ 10^{21}$ m/s.

Calculemos la variación de desplazamiento IΔXI = ? para una variación de IΔtI = $1{,}915\ 10^{10}$ s.

$I\Delta XI = v \times t = 3\ 10^{21} \times 1{,}915\ 10^{10} = 5{,}745\ 10^{31}$ m.

$I\Delta XI = 5{,}745\ 10^{31}$ m.

En conclusión, para el instante en que ocurre ω2, ω1 adelanta 90 grados a ω2 y esto corresponde a una diferencia de tiempo IΔtI = $1{,}915\ 10^{10}$ s, y una diferencia de desplazamiento IΔXI = $5{,}745\ 10^{31}$ m.

Con esto mostramos que la expansión del espacio-tiempo durante el Big Bang es una función de la frecuencia y del tiempo y además es asimétrica.

Ejemplo 2:

Ahora calculemos la diferencia de tiempo IΔtI y su correspondiente desplazamiento IΔXI para las constantes de tiempo H1 = 67 km/s/Mpc y H2 = 73 km/s/Mpc.

1 Mpc = 3,26 millones de años luz.

$1\ Mpc = 3{,}26\ 10^{6} \times 9{,}46\ 10^{15} = 30{,}84\ 10^{21} = 3{,}084\ 10^{22}$ m

$1Mpc = 3{,}084\ 10^{22}$ m

H1 = 67 km/s/Mpc

$T1 = 1 / H1 = 3{,}084\ 10^{22}\ m / 6{,}7000\ 10^{4}\ m/s = 0{,}4602\ 10^{18}$ s

- $T1 = 4{,}602\ 10^{17}$ s, edad 1 del universo.

1 año $= 3{,}15\ 10^{7}$ s

$T1 = 4{,}602\ 10^{17} / 3{,}15\ 10^{7} = 1{,}4603\ 10^{10} / 10^{6} = 1{,}4603\ 10^{4}$

- T1 =14.603 millones de años luz.

H2 = 74,3 km/s/Mpc

$T2 = 1 / H2 = 3{,}084\ 10^{22}\ m / 7{,}4000\ 10^{4}\ m/s = 0{,}41675\ 10^{18}$ s

- $T2 = 4{,}1675\ 10^{17}$ s, edade 2 del universo.

1 año = 3,15 10^7 s

T2 = 4,1675 10^{17} / 3,15 10^7 = 1,3230 10^{10} / 10^6 = 1,3230 10^4

- T2 = 13,230 millones de años luz.

Calcularemos IΔtI y luego calculemos IΔXI.

IΔtI = T1 – T2 = 4,602 10^{17} - 4,1675 10^{17} = 0,435 s

- IΔtI = 0,435 s

IΔXI = v x t = 3 x 10^{21} m/s x 0,435 s = 1,30 10^{21} m

- IΔXI = 1,30 10^{21} m

Calculamos la diferencia que hay IΔtI = 0,435 s, si IΔXI = 1,30 10^{21} m, para las constantes de Hubble H1 y H2, por lo que actualmente existe controversia en la comunidad científica. Recuerden que la evolución del universo está definida por la métrica FLRW, que considera una expansión simétrica al asumir un universo isotrópico y homogéneo. En nuestro modelo RLC amortiguado, la expansión del universo no es simétrica y depende de la frecuencia. En el ejemplo 1 mostramos cómo el universo se expande asimétricamente tomando como referencia las frecuencias ω1 y ω2, calculando sus correspondientes IΔtI e IΔXI.

APÊNDICES

APÉNDICE 1: CUANTIZACIÓN DEL ESPACIO-TIEMPO Y LA MATERIA

a. vamos a comenzar a trabajar con la constante de Newton, que se define de la siguiente manera:

$G = m^3 / (kg \times s^2)$, dimensiones de la constante de Newton.

Esto lo podemos escribir de la siguiente manera,

$G = L^3 / M \times T^2$

L = longitud, T = tiempo y M = masa.

Ahora vamos a remplazar $L = C \times T$, conde C es la velocidade de la luz

$G = C^3 \times T^3 / M \times T^2$, resolviendo.

$G = C^2 \times L / M$

- $Lg = G \times M / C^2$, longitud característica.

Lg es el tamaño que tendría cualquier masa si desconectáramos el campo de fuerza electromagnético y el campo de fuerza débil.

La gravedad asocia cualquier masa con una longitud Lg, que se denomina longitud característica de la gravedad.

Si definimos el radio de Rs Schwarzschild,

$Rs = 2\ G\ M / C^2$

Vemos que

$Rs = 2\ Lg$

b. Ahora usemos el principio de mínima acción, definamos:

La acción que llamamos S tiene las siguientes dimensiones:

$S = \{M\} \times \{T\} \times C^2$, $C = L/T$.

S = Energía involucrada en un proceso x Tiempo que dura el proceso

$S = \{M\} \times \{L\} \times C$, C velocidad de la luz.

S = cantidad de movimiento x tamaño espacial.

Ahora nos preguntamos ¿cuál es el valor mínimo de la acción?

La mecánica cuántica postula que hay un valor mínimo para la acción y está definido

por h (constante de Planck) y es distinto de cero. Si consideramos S = h, tenemos:

- Lq = h / (M x C), a esta longitud la llamamos tamaño cuántico.

Esto nos dice que una masa M no puede ubicarse en una región menor que Lq.

c. Ahora definamos la longitud de Planck:

Lp = $\sqrt[3]{(h \times G / C^3)}$ = 1,61 10^{-35} m, longitud de Planck.

Ahora calculemos los valores de la cuantización del espacio-tiempo y la materia.

d. Cálculo del valor cuántico del espacio-tiempo y la materia en el momento de la formación del agujero negro.

Ver Tabla 1, Página 31.

M = 3MΘ = 6 10^{30} kg

Calculemos la longitud característica.

Lg = G x M / C^2, longitud característica.

Lg = 6,67 10^{-11} x 6 10^{30} / 9 10^{16} = 40,02 10^{19} / 9 10^{16}

- Lg = 4,44 10^3 m

Vamos calcular el tamaño cuántico Lq.

Lq = h / M x C

Lq = 6,63 10^{-34} / 6 10^{30} x 3 10^8 = 6,63 10^{-34} / 18 10^{38}

Lq = 0,368 10^{-72}

- Lq = 3,68 10^{-73} m

Ahora calculemos la longitud de Planck.

- Lp = $\sqrt{(h \times G / C^3)}$ = 1,61 10^{-35} m, longitud de Planck

Conclusión:

En el momento de la formación del agujero negro, para una masa M = 6 10^{30} kg, le corresponde una longitud característica Lg = 4,44 km, que sería el diámetro del agujero negro. La masa del agujero negro de 3MΘ estaría cuantizada y su relación estaría dada por la longitud de Planck Lp = 1,61 10^{-35} m y a su vez el espacio-tiempo también estaría cuantizado y el valor mínimo estaría dado por Lq = 3,68 10^{-73} m .

Cálculo de la cuantización del espacio-tiempo y la materia antes del Big Bang t0 ⁻.

Ver Tabla 1.

$M = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

Calculemos la longitud característica.

$Lg = G \times M / C^2$, longitud característica.

$Lg = 6{,}67\ 10^{-11} \times 1{,}20\ 10^{82} / 9\ 10^{42} = 40{,}02\ 10^{19} / 9\ 10^{16}$

- $Lg = 0{,}889\ 10^{29}$ m

Calcularemos el tamaño cuántico Lq.

$Lq = h / M \times C$

$Lq = 6{,}63\ 10^{-34} / 1{,}20\ 10^{82} \times 3\ 10^{8}$

$Lq = 6{,}63\ 10^{-34} / 3{,}6\ 10^{90} = 1{,}84\ 10^{-124}$

- $Lq = 1{,}84\ 10^{-124}$ m

Ahora calcularemos la longitud de Planck:

$Lp = \sqrt{(h \times G / C^3)}$

$Lp = \sqrt{(6{,}63\ 10^{-34} \times 6{,}67\ 10^{-11} / 27\ 10^{63})}$

$Lp = \sqrt{(44{,}22\ 10^{-45} / 27\ 10^{63})}$

$Lp = \sqrt{(1{,}63\ 10^{-108}} = 1{,}27\ 10^{-54}$

- $Lp = 1{,}27\ 10^{-54}$ m

	Massa do buraco negro (kg)	Massa do buraco negro (kg)
	6,00 10^30	1,20 10^82
Comprimento característico BH Lg (m)	4,44 10^3	0,89 10^29
Quantização da matéria Lp (m)	1,61 10^-35	1,27 10^-54
Quantização espaço-tempo Lq (m)	3,68 10^-73	1,84 10^-124

Tabla 6

Según los cálculos, en un agujero negro vemos que la cuantización del espacio-tiempo es diferente de la cuantización de la materia y varía a medida que crece el agujero negro.

También podemos inferir que la columna 1 correspondería a la cuantización de la materia y el espacio-tiempo fuera de un agujero negro, en el dominio de las 4 fuerzas fundamentales.

En el interior de un agujero negro se cumple:

Los valores de cuantización de la materia variarían en el rango de valores entre 1,61 10^{-35} m, hasta 1,27 10^{-54} m.

Los valores de cuantización del espacio-tiempo variarían en el rango de valores entre 3,68 10^{-73} m, hasta 1,84 10^{-124} m.

Comentarios: Cuando hablamos de cuantizar la materia, nos referimos a que la materia ordinaria tal como la conocemos necesita un espacio-tiempo mínimo que viene dado por la longitud de Planck Lp, que es diferente de Lq, que es el valor de cuantización del mismo espacio-tiempo. La longitud de Planck, Lp, determina el espacio límite en el que la materia por debajo de este valor se convierte en un agujero negro, es decir, pierde las propiedades del campo de fuerza electromagnético y el campo de fuerza débil.

Lg >> Lp >> Lq

Lp = Lpε = 1,61 10^{-35} m, longitude de Planck eletromagnética.

Lpɢ < Lpε

Lpɢ = longitud de Planck gravitacional.

Lpɢ varia de 1,61 10^{-35} m até 1,27 10^{-54} m

APÉNDICE 2: CÁLCULO DE LA ENERGIA E(T) MEDIANTE LA ECUACION $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$.

Consideraremos que dentro de un agujero negro Ms = Ma - iMr.

Sustituímos Ms na ecuación $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$.

$E^2 = P^2C^2 + (Ma - iMr)^2 C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr + i^2Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr - Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 - 2iMaMrC^4$

I. Para $t \rightarrow 0$, início del Big Bang.

Mr >> Ma

$E^2 = - Mr^2C^4 + 2iMaMrC^4$

$Mr^2C^4 >> 2iMaMrC^4$

$E^2 = - Mr^2C^4$

E = (+/-) iMr x C^2, en el instante t0(+)

$Mr = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

$Ma = 1{,}20\ 10^{56}$ kg

$C = 3\ 10^8$ m/s

$E = +/- \ i\ 1{,}20\ 10^{82} \times 9\ 10^{16}$

$E = +/- \ i\ 10{,}8\ 10^{98}$

- $E = (+/-)\ i\ 1{,}08\ 10^{99}$ Joules

II. Para $t \rightarrow \infty$, espacio-tiempo estabilizado, $Mr \rightarrow 0$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 + 2iMaMrC^4$

$E^2 = P^2C^2 + Ma^2C^4$

$E = (+/-) \sqrt{(p^2c^2 + Ma^2C^4)}$

Conclusión:

Es la masa de materia oscura Mr, masa imaginaria, la que define la energía total del Big Bang.

El doble signo de energía correspondería a la materia formada por quarks y gluones, lo que vendría dado por la expresión $E = - iMr \times C^2$. La energía $E = + i Mr \times C^2$ estaría asociada a la antimateria; ambas energías se utilizarían para expandir el espacio-tiempo (Big Bang) para recuperar su tamaño original. Esta energía es el resultado de suponer que los quarks y gluones tienen una velocidad $C > 300.000$ km/s, otra forma de interpretar esto es asumir constante $C = 300.000$ km/s; pero eso nos llevaría a que la masa resultante sea $Ms = Ma - iMr$, es decir, se crea la masa imaginaria.

La energía que correspondería a la antimateria formaría parte de la misma estructura del espacio-tiempo. La interacción de la materia con el espacio-tiempo que llamamos gravedad no sería más que la interacción de la materia con la antimateria y a través de este mecanismo se cancelan las energías, es decir vuelve a aplicarse el principio de conservación de la energía; esto sería análogo a lo que dijo Dirac de que la materia estaría en un mar de antimateria, siendo la antimateria la misma estructura espacio-tiempo.

APÉNDICE 3: POR QUÉ ES NECESARIO ACTUALIZAR EL MODELO LAMBDA-CDM Y CONSIDERAR LAS ONDAS GRAVITACIONALES PARA DESCRIBIR LA EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

En este apartado explicaré, que el Big Bang genera un espectro de ondas gravitacionales que hace que el espacio-tiempo se expanda de manera no uniforme, y esta no uniformidad en la expansión del espacio-tiempo es lo que determina la discrepancias en las mediciones de la constante de Hubble y también explica la expansión acelerada del espacio-tiempo de nuestro universo.

También relacionaremos cómo se vincula el espectro sonoro de las ondas acústicas del CMB con las ondas acústicas de los Bariones y el espectro de ondas gravitatorias generadas en la era inflacionaria.

Las oscilaciones acústicas de los bariones son consecuencia de ondas gravitatorias generadas en la era inflacionaria, en el rango de tiempo entre 10^{13} s y 10^{17} s que corresponde aproximadamente a 1,000 Mpc y se manifiesta por una sobredensidad de materia a una distancia característica.

La colisión de dos agujeros negros estelares de una masa media de 40 masas solares, detectada por el Observatorio LIGO y Virgo, confirmó la existencia de ondas gravitacionales. Ahora, si llevamos esto al Big Bang, al período inflacionario, se esperaría que la inmensa energía liberada generara un espectro de ondas gravitacionales; esta afirmación es muy importante y en base a esto vamos a trabajar.

El modelo Lambda-CDM propone que el universo es isotrópico y homogéneo, y esto se llama principios cosmológicos.

Recordemos la definición de isotropía:

Isotropía: Características de ciertos medios cuyas propiedades físicas son las mismas, independientemente de la dirección en que se tomen las medidas. Desde un punto de vista óptico, característico de un medio que tiene el mismo índice de refracción en todas las direcciones.

Teniendo en cuenta la definición de isotropía y considerando el modelo Lambda-CDM que propone que el universo es isótropo y homogéneo, nos preguntamos cómo podemos combinar el espectro de ondas gravitacionales producidas en la expansión del Big Bang, con la definición de isotropía que resulta de la aplicación de las ecuaciones de campo de Einstein. La respuesta tiene una sola solución, considerando el sistema no causal de fase cero; esto quiere decir que todas las ondas del espectro de ondas gravitatorias que ocurrieron en el Big Bang tienen la misma fase, es decir, comienzan al mismo tiempo sin ningún retraso.

El modelo Lambda-CDM y la métrica FLRW nos están indicando que el período de expansión del universo, llamado inflación, se comporta como una aproximación de la función de Dirac para t = 0, la energía liberada es infinita, espectro de magnitud constante y espectro de fase 0. Que sucedería si consideramos el sistema causal, fase mínima y anisotrópica? es decir, que la energía liberada durante la inflación no se transmite instantáneamente y que la expansión de las ondas gravitacionales (espacio-tiempo) durante la inflación sea una función dependiente del tiempo. Posiblemente estas consideraciones podrían terminar o resolver el problema de la energía oscura generada por una conjetura incorrecta al considerar el universo isótropo, es decir, estaríamos afirmando que las ecuaciones de campo de Einstein no serían las adecuadas para analizar la evolución del universo o eventualmente estarian necesitando de un ajuste fino.

Personalmente, creo que las suposiciones de isotropía que se derivan del uso de las ecuaciones de campo de Einstein, el modelo FLRW, son incorrectas. Nuevamente, si lo miramos desde el punto de vista del espectro de ondas gravitatorias, concluimos que es imposible que la era inflacionaria tenga un comportamiento análogo a la función de Dirac, es decir, para t = 0 la energía liberada es infinito, espectro de amplitud constante y espectro de fase 0; en otras palabras, un sistema de fase 0 no causal.

Propongo que la expansión espacio-tiempo de la era inflacionaria del Big Bang se comporte como un sistema de fase mínima y causal, en el que la energía liberada sea transmitida con un retraso mínimo y la propagación de las ondas gravitacionales generadas dependen de las características del entorno físico. Un ejemplo de este comportamiento es análogo al método de exploración sísmica con explosivos, en el que todo el sistema es de fase mínima (causal) y las ondas generadas por la explosión se transmiten a un medio anisótropico, es decir, con diferentes coeficientes de refracción y reflexión.

Consideremos nuestro universo como un estanque que está quieto, en calma, y arrojamos una piedra en el centro (la piedra cayendo al agua sería el equivalente a la expansión del universo en la era inflacionaria). Observamos que se producen ondas circulares que se expanden, pero también observamos que no es una, es un tren de ondas, una tras otra que se expande y también observamos que la primera es la de mayor amplitud y a medida que aparecen las ondas, las amplitudes se atenúan. Esta descripción sería análoga a lo que ocurre en la era inflacionaria en la que no se trata de un frente de onda; por el contrario, es un espectro de ondas gravitacionales que se producen en la era inflacionaria del Big Bang. Tenemos que incluir este espectro de ondas gravitacionales y ponderar los pesos de la contribución de cada onda, o las principales que tienen más energía. Para ello, consideraremos el espectro sonoro de ondas acústicas o espectro de potencia del CMB como se muestra en la Figura 3.

Teniendo esto en cuenta, realizaremos el siguiente análisis:

Vamos a referirnos al video del curso de Cosmología 1

Tema 07: Interpretación cosmológica de la Ley de Hubble-Lemaître

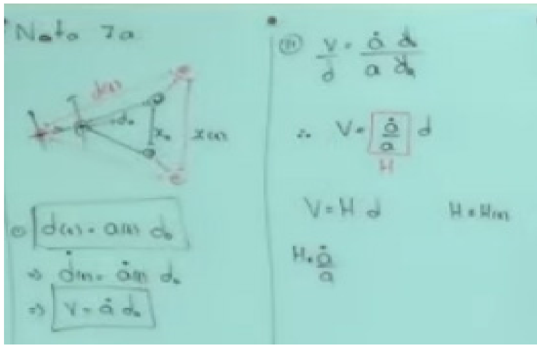


Figura 1 – La constante de Hubble y el principio isotrópico.

Vemos en la Figura 1 cómo podemos deducir la Ley de Hubble-Lemaître del principio isotrópico

Comentários:

En un universo isotrópico, es de esperar que solo haya una única constante de Hubble, en analogía con la que se muestra en la Figura 1.

Ahora volvemos a nuestra hipótesis de que el universo no es isótropo y en la era inflacionaria se produce un espectro de ondas gravitacionales. Supongamos que en este espectro, las ondas principales que tienen mayor energía son la frecuencia fundamental, el primer y segundo armónico (se espera que haya tres constantes de Hubble-Lemaître); uno para la longitud de onda fundamental y otro para las longitudes de onda del primer y segundo armónico.

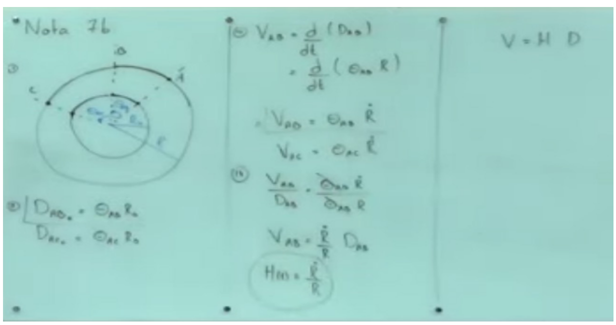
Como podemos explicar esto; en el fondo de radiación de microondas, CMB, se calcula que la constante de Hubble corresponde a 67 km/s/Mpc, posiblemente esto corresponda a la longitud de onda fundamental de 1,000.000 de años luz y a un cierto nivel de energía. Cuando medimos la constante de Hubble usando métodos de supernova, nos da 74 km/s/Mpc, otro valor muy distinto de la constante de Hubble. En ambas situaciones, la longitud de onda es diferente y los niveles de energía también son diferentes, esto es lo que determina la diferencia en las constantes de Hubble-Lemaître. En ambos casos,

la expansión del espacio-tiempo es diferente, debido a la longitud de onda y al nivel de energía involucrado, siempre considerando el sistema como ondas gravitacionales.

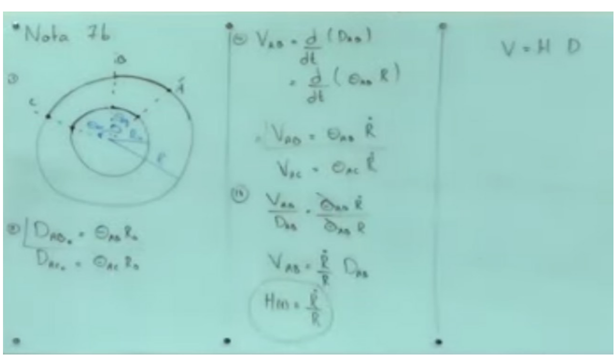
Con esto podemos inferir que podemos tener diferentes constantes de hubble y dependerá del nivel de energía, longitud de onda y tiempo t; esto determinará las diferencias en la expansión del espacio-tiempo, y esto corresponderá a diferentes frentes de ondas gravitacionales.

Ahora, consideraremos la interpretación geométrica, como se muestra a continuación y relacionaremos cada gráfico como una propagación de un frente de onda gravitacional con una energía E, una longitud de onda λ, un tiempo t, una velocidad C y una temperatura T .

E1, λ1, t1, C1, T1



E2, λ2, t2, C2, T2



E3, λ3, t3, C3, T3

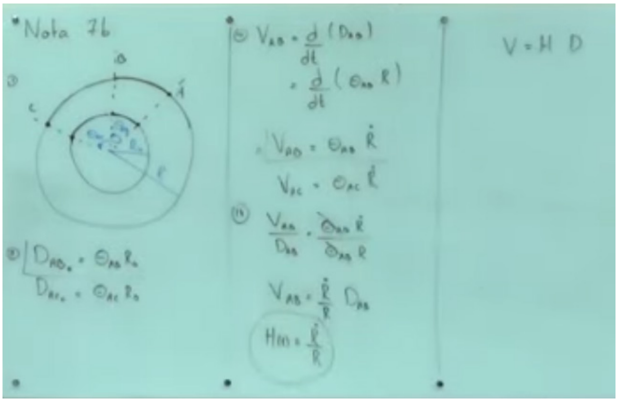


Figura 2 – Frentes de ondas gravitacionales/Constante de Hubble.

Ahora, consideremos el espectro de sonido de las ondas acústicas del CMB, como se muestra en la Figura 3 y lo relacionaremos con los 3 gráficos de la Figura 2, que se muestran anteriormente.

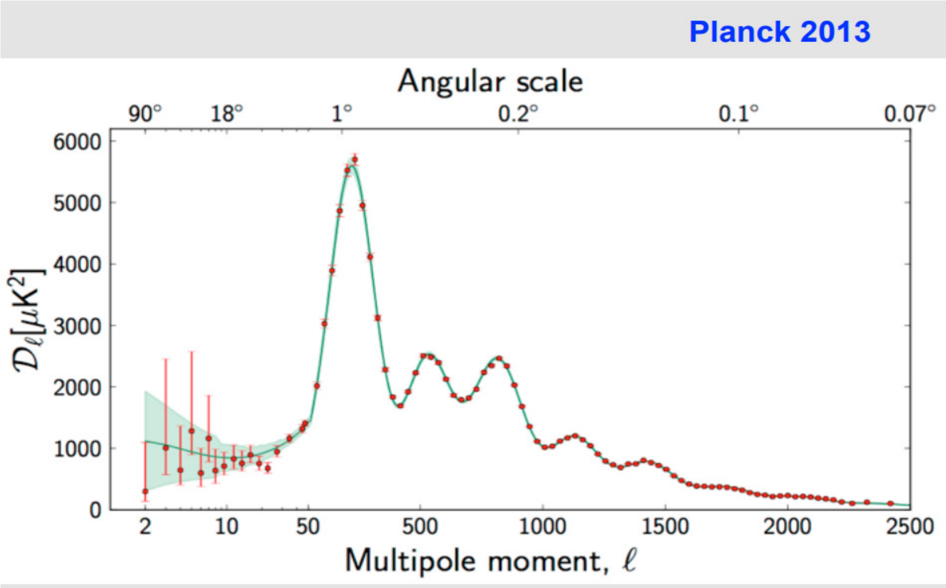


Figura 3 – Espectro de potencia CMB.

Podemos ver en la gráfica de la Figura 3, que corresponde al espectro sonoro de las ondas acústicas, tienen 3 picos bien definidos que se relacionan con las gráficas de la

Figura 2, esto correspondería a tres frentes de onda que se propagan a través del espacio-tiempo con diferentes energías E , longitud de onda λ, desfasadas en el tiempo t, con diferentes velocidades C y diferentes temperaturas T.

Se calcula para el pico más grande, que corresponde a una longitud de onda de 1,000.000 de años luz; para el segundo y tercer pico corresponderían diferentes longitudes de onda λ2 y λ3. También observamos que las amplitudes de los 3 picos principales son diferentes, esto determinaría diferentes niveles de energía E1, E2 y E3. También podemos inferir que en la era inflacionaria, la expansión del espacio-tiempo es mayor que la velocidad de la luz C = 300.000 km/s, por lo que podemos concluir que a cada energía E le corresponde una longitud de onda λ y, a su vez, una velocidad C diferente. Esto se puede interpretar de la siguiente manera:

I. E1, λ1, t1, C, T1: características del frente de onda gravitacional para la frecuencia fundamental.

II. E2, λ2, t2, C, T2: características del frente de onda gravitacional para la frecuencia de la primera armónica.

III. E3, λ3, t3, C, T3: características del frente de onda gravitacional para la frecuencia de la segunda armónica.

La constante de Hubble H dependerá de las características del frente de onda gravitacional H (E, λ, t, C, T) y será independiente de nuestro modelo elegido como se muestra en la Figura 5.

Recordar que en la expansión del universo hay dos fases:

1. Fase 1, tiene lugar durante la era inflacionaria, donde la velocidad de propagación de las ondas gravitacionales es provocada por la expansión de la estructura del mismo espacio-tiempo, y será mayor a C = 300.000 km/s; dependerá de las características del frente de onda gravitacional (E, λ, t, C, T).

2. Fase 2, ocurre cuando la velocidad de propagación de las ondas gravitacionales es igual a C = 300.000 km/s, como en los eventos detectados por LIGO y Virgo. En esta fase el universo se estabiliza. En esta fase la constante de Boltzmann K_B = 1,78 10^{-43} J/K tiende a alcanzar el valor de K_B = 1,38 10^{-23} J/K.

El espectro de ondas gravitacionales generadas durante el Big Bang que es uma función del tiempo y la frecuencia, determinará los diferentes niveles de energía E que también van a ser una función del tiempo y la frecuencia. Por ejemplo, para el primer pico del espectro sonoro, esta energía gravitacional E1 definirá el frente de onda λ1 +Δλ, y

esto ocurrirá en el tiempo t1; este frente de onda definirá la constante de Hubble H1 (E1, λ1, t1, C□, T1). Esta energía E1 también definirá la cantidad de masa y radiación en ese tiempo t1. Finalmente, debemos considerar las contribuciones de los frentes de onda y con este criterio actualizar nuestro modelo Lambda-CDM. También es de esperar que siempre que haya un frente de onda gravitacional con una diferencia de energía E, seguramente resultará de una constante de Hubble diferente, como ocurre con las Supernovas de tipo IA, que tienen una constante de Hubble diferente a la medida por el fondo de radiación de microondas CMB. Diferentes energías E determinarán diferentes expansiones del espacio-tiempo y diferentes H.

Comentarios adicionales:

- **Dominio de la frecuencia – Espectro de amplitud:** Es de esperarse que exista un espectro de amplitud de ondas gravitacionales en función del tiempo, en la era inflacionaria como se muestra en la Figura 3..

- **Dominio de la frecuencia – Espectro de fase:** Es de esperarse que para cada longitud de onda λ, del espectro de ondas gravitacionales producidas en la era inflacionaria, exista una relación de fase que dependerá del tiempo, esto también se puede explicar diciendo que las longitudes de onda λ del espectro de ondas gravitacionales se generan en diferentes momentos.

Debemos recordar que una diferencia de fase corresponde a una diferencia de tiempo Δt y esta corresponde a una diferencia de espacio-tiempo Δx

Ahora volvamos al siguiente cuadro:

Consideremos nuestro universo como un estanque de agua que está quieta, en calma, y tiramos una piedra en el centro (la piedra cayendo al agua sería el equivalente a la expansión del universo en la era inflacionaria). Observamos que se producen ondas circulares que se expanden, pero también observamos que no es una sola, es un tren de ondas, una tras otra que se expande y también observamos que la primera es la de mayor amplitud y a medida que aparecen, las amplitudes se atenúan. Esta descripción sería análoga a lo que sucede en la era inflacionaria en la que no se trata de un frente de onda, por el contrario, es un espectro de ondas gravitatorias que se producen en la era inflacionaria del Big Bang. Tenemos que incluir este espectro de ondas gravitacionales y ponderar los pesos de las contribuciones de cada onda, o las principales que tienen más energía. Para ello, consideraremos el espectro sonoro de ondas acústicas o espectro de potencia del CMB como se muestra en la Figura 3.

Analizaremos lo que está escrito en el cuadro y llevaremos a cabo el siguiente razonamiento. Según el gráfico del espectro sonoro de las ondas acústicas del CMB, el primer pico que representa el frente de onda gravitacional de mayor amplitud y energía representará el primer impulso y la primera expansión del espacio-tiempo en un tiempo determinado t, el primer frente de onda λ1+Δλ; esta expansión determinará en un primer momento una desaceleración variable, un punto de inflexión como se muestra en la Figura 4 y en la figura 5. Si consideramos que esta desaceleración va perdiendo impulso y debido a ***λ****1+Δλ se produce un punto de inflexión y después se genera una aceleración, entonces llega el segundo frente de onda gravitacional λ2+Δλ , con fuerza, y representa el segundo pico del espectro sonoro del CMB, ondas gravitacionales, en un tiempo t + Δt, se espera que el universo se acelere nuevamente y tenga una aceleración positiva resultante, es decir, una nueva expansión. Si este razonamiento es correcto, posiblemente estemos en un período de transición (desaceleración - aceleración) de la expansión del espacio-tiempo, lo que representaría el cambio de aceleración negativa a positiva. Esto también implicaría que todavía estamos en la Fase 1 de la expansión del universo, en la que la fase de estiramiento del espacio-tiempo aún no ha terminado y el universo no está completamente estabilizado. Recuérdese que el espectro de ondas gravitacionales producidas en la era inflacionaria será función del tiempo t, es decir, podemos decir que a cada Δt le corresponde una variación ΔX (expansión espacio-tiempo). Este razonamiento proporcionaría una explicación de la existencia de la energía oscura.*

Ilustremos lo expuesto con el siguiente gráfico del curso de Cosmología 1.

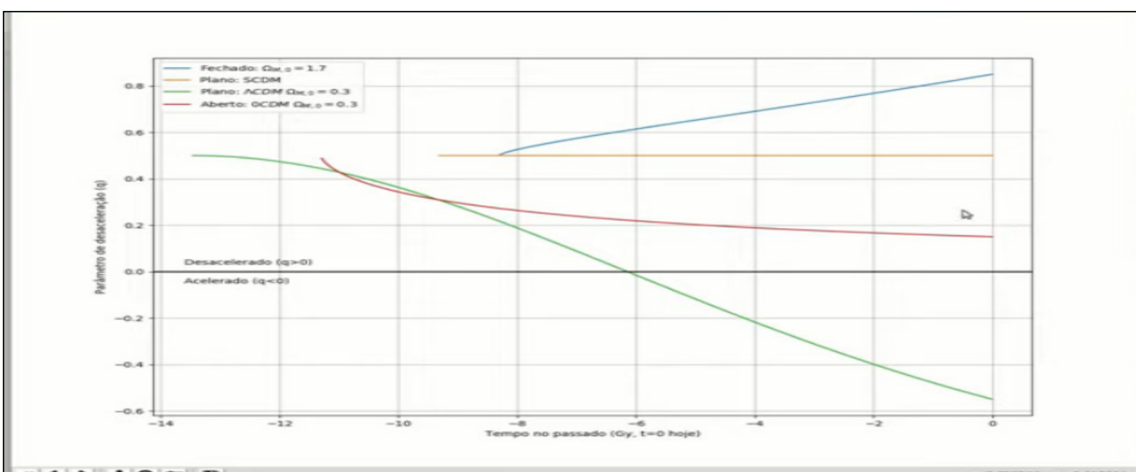


Figura 4 – Desaceleración en función del tiempo.

Tratemos de explicar lo enunciado considerando la constante de Hubble, para finalmente mostrar la gráfica de la constante de Hubble en función del tiempo.

En el espectro sonoro de las ondas acústicas, observamos el pico más alto de la frecuencia fundamental que representa el frente de onda principal de mayor energía. En este pico, la constante de Hubble tiende a un valor infinitamente grande como se muestra en la Figura 5. Al principio, la constante de Hubble crece hasta alcanzar un valor muy grande, como se muestra en el gráfico de la constante H x t; esto ocurre alrededor del tiempo $t = 10^{-13}$ s; después de ese evento, el valor de la constante de Hubble permanece infinitamente grande, hasta que todas las ondas viajan a través del espacio $e = 3\ 10^{34}$ m; a partir de ahí comienza a decrecer hasta llegar el primer frente de onda que genera un punto de inflexión en el que la constante de Hubble cambia de pendiente negativa a positiva y esto ocurre alrededor del tiempo $t > 10^{14}$ s; esta pendiente positiva se mantiene por la llegada de los picos 2, 3, 4 y 5, de los frentes de onda que dan un impulso adicional, hasta aproximadamente $t = 10^{26}$ s, este impulso adicional, como se observa, decrece a medida que aumenta el tiempo, lo que significa que la pendiente de la constante de Hubble también disminuye con el tiempo hasta que $t = 10^{26}$ s, se hace cero; un nuevo punto de inflexión, a partir de ese momento la pendiente vuelve a ser negativa y la constante comienza a disminuir. Entre los tiempos 10^{-13} sy 10^{13} s, H es constante y $v = 3\ 10^{21}$ m/s es constante en el tiempo.

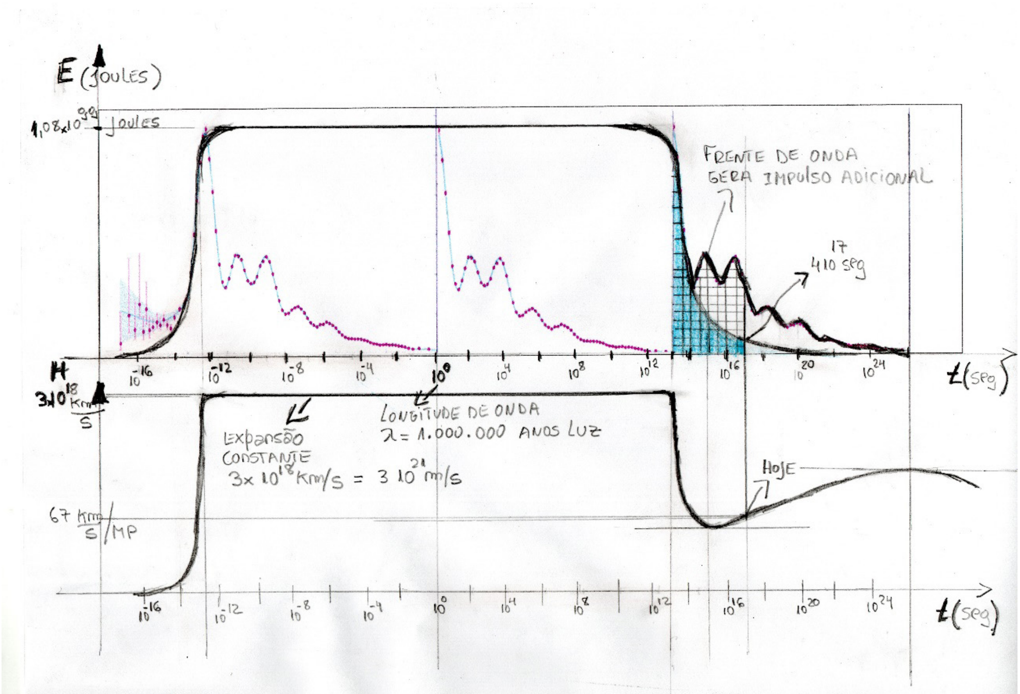


Figura 5 – Constante de Hubble H em função do tempo t.

Se observa que existen 2 puntos de inflexión, en el primero la constante de Hubble cambia de pendiente negativa a positiva, ocurre en el tiempo entre $t = 10^{14}$ s y $t = 10^{16}$ s, y el segundo punto de inflexión la constante de Hubble cambia de pendiente positiva a negativa y ocurre en el tiempo $t = 10^{26}$ s; recuerdar que el tiempo actual, hoy, corresponde a $t = 4{,}35\ 10^{17}$ s.

En la Figura 5, la escala de tiempo representa el eje horizontal, está determinada matemáticamente por la ecuación de onda que genera ondas gravitacionales en la era inflacionaria.

Es importante aclarar que la ecuación de onda que genera las ondas gravitacionales comienza en el tiempo $t = 10^{-13}$ s, y termina generando ondas en el tiempo $t = 10^{13}$ s; es decir, 26 pasos en la escala de potencia de 10; esto nos dice que la primera onda se genera en el tiempo $t = 10^{-13}$ s; y la última onda se genera en el tiempo $t = 10^{13}$ s, y este retraso de tiempo entre la primera y la última onda es muy importante en el efecto de fondo de radiación de microondas CMB y lo implementaremos de la siguiente manera:

La velocidad de propagación $C_G = 3\ 10^{21}$ m/s, según la ecuación de ondas gravitacionales.

Tiempo aproximado en que se generó la última onda, $t = 10^{13}$ s.

El espacio recorrido es, $e = C_G \times t = 3\ 10^{21}$ m/s x 10^{13} segs = $3\ 10^{34}$ m

$e = 3\ 10^{34}$ m.

Entonces, el tiempo que ponemos en el eje X del gráfico (H x t), estará determinado por

$t = e / C_\varepsilon = 3\ 10^{34} / 3\ 10^{8} = 10^{26}$ s;

$t = 10^{26}$ s.

Otra forma de entenderlo es considerar que todas las ondas gravitacionales generadas tienen que viajar por el espacio $e = 3\ 10^{34}$ m, considerando que la última onda generada comienza en $t = 10^{13}$ s; si intuitivamente definimos 10^{13} s, como $t = 10^{0}$s, para que esta onda viaje por el espacio $e = 3\ 10^{34}$ m, terminará en $t = 10^{26}$ s, y esto corresponde a $t = 10^{13}$ s.

Podemos deducir que el universo todavía está en la Fase 1, esto implica que el espacio-tiempo todavía está en la etapa de estiramiento y las velocidades de expansión $C_G >> C$; esto se completará en el tiempo $t = 10^{26}$ s; a partir de entonces el universo se estabilizará y también podemos decir que los efectos de las ondas gravitacionales, Fase 1, de la era inflacionaria, dejarían de existir.

También diremos que la gráfica del espectro sonoro de las ondas acústicas del CMB es un reflejo de la era inflacionaria al comienzo del Big Bang, refleja qué sucedió realmente con las ondas gravitacionales y cómo evolucionaron en el tiempo.

CÁLCULO DE LA ENERGÍA DEL BIG BANG DISIPADA HASTA $t = 5\ 10^{17}$ s - HOY

Consideraremos los pasos totales en potencia de 10, que corresponden a 26 y luego consideremos 17,5 que corresponden a los pasos en potencia de 10, hasta el dia de hoy. Dividamos los pasos hasta el dia de hoy 17,5 por los pasos totales de la siguiente manera:

E(%) = (17,5 / 26) x 100 = 67,30

Esto está indicando que para $t = 5\ 10^{17}$ s, que corresponde al tiempo de hoy, la energía total que convolucionó con el espacio-tiempo es de aproximadamente 67,3%.

Hay otra manera formal de hacer estos mismos cálculos, pero es mucho más complicado de escribir. La idea es la siguiente, determinar el área total hasta un tiempo de 10^{26} s; luego, determine el área hasta el tiempo actual $5\ 10^{17}$s; con estos valores se pueden calcular los porcentajes correspondientes.

100% – 67,30% = 32,7%, es la cantidad de energía necesaria para completar el 100% de la convolución del Big Bang con el espacio-tiempo.

El 32,7% de la energía restante convolucionará con el espacio-tiempo en el tiempo comprendido entre t = 5 10^{17} s, hasta t = 10^{26} s y eso es lo que determina la aceleración de la expansión del espacio-tiempo de nuestro universo, es decir, lo que llamamos energía oscura y hace que la pendiente de la constante de Hubble sea positiva.

Nuevamente: el universo se encuentra en la Fase 1, lo que indica que la expansión del espacio-tiempo a t = 10^{26} s aún no ha terminado, a partir de ahí la constante de Hubble alcanza un punto de inflexión de pendiente nula y luego la cambios de pendiente positiva-negativa, es decir, el universo comienza a desacelerarse, una expansión desacelerada, ver Figura 5.

Aquí, mi modelo tiene una diferencia en comparación con el modelo Lambda-CDM. En mi modelo, el 100% de la energía del Big Bang corresponde a la energía de la materia oscura, hasta el tiempo t = 5 10^{17}, el 67,3% corresponde a la energía que está convolucionando con el espacio-tiempo del universo (energía de la materia oscura que se há transformado en energía oscura), y el 32,7% corresponde a la energía de la materia oscura que todavía tiene que convolucionar con el espacio-tiempo del universo (32,7% es la cantidad de materia oscura). En mi modelo, la materia bariónica o normal es insignificante con respecto a los otros componentes de energia.

Según mi modelo, el 100% de la energía generada en el Big Bang corresponde a la energía de la materia oscura. La relación de energía de la materia oscura es 10^{26} veces en orden de magnitud mayor que la energía de la materia bariónica o normal que conocemos.

En el momento cero en que ocurre el Big Bang, la masa de energía oscura es Mr = 1,20 10^{82} kg y la masa de materia normal o bariónica es Ma = 1,20 10^{56} kg.

ET = 100% energía total (materia oscura)

EC+ = 67,3%, energía que convulsionó con el espacio-tiempo.

EC- = 32,7%, energía que resta convolucionar con el espacio-tiempo.

$$ET = EC- + EC+$$

Demostraremos mediante ecuaciones por qué el 100% de la energía del Big Bang corresponde a la energía de la materia oscura.

Es necesario recordar lo siguiente: mi modelo se sustenta en la hipótesis principal de que el Big Bang se origina a partir de la explosión de un agujero negro.

Consideremos la masa de un agujero negro Ms = Ma - iMr.

Dentro de un agujero negro no hay campo de fuerza electromagnético y campo de fuerza débil, y los quarks y gluones pueden viajar a una velocidad superior a C = 300.000 km/s. Esto se definió como hipótesis para poder decir que la masa de un agujero negro está formada por la masa real o bariónica que conocemos Ma, y la masa imaginaria o masa de la materia oscura Mr.

Cuando decimos que el universo tiene que recuperar su tamaño original, esto está relacionado con el factor de escala de la constante de Boltzmann y podemos explicarlo de la siguiente manera; cuando se forma un agujero negro, el espacio-tiempo se contrae por un factor de 10^{15} en tres dimensiones y 10^{5} en una dimensión; cuando el agujero negro explota, el espacio-tiempo tiene que recuperar su tamaño original.

Sustituyendo Ms em la ecuación $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$.

$E^2 = P^2C^2 + (Ma - iMr)^2 C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr + i^2Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr - Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 - 2iMaMrC^4$

III. Para $t \rightarrow 0$, início del Big Bang.

$Mr >> Ma$

$E^2 = - Mr^2C^4 - 2iMaMrC^4$

$Mr^2C^4 >> P^2C^2 - 2iMaMrC^4$

$E^2 = - Mr^2C^4$

$E = (+/-)\ iMr \times C^2$

$Mr = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

$Ma = 1{,}20\ 10^{56}$ kg

$C = 3\ 10^{8}$ m/s

$E = +/-\ i\ 1{,}20\ 10^{82} \times 9\ 10^{16}$

$E = +/-\ i\ 10{,}8\ 10^{98}$

- $E = (+/-)\ i\ 1{,}08\ 10^{99}$ J

IV. Para $t \rightarrow \infty$, espacio-tiempo estabilizado, $Mr \rightarrow 0$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2)\ C^4 + 2iMaMrC^4$

$E^2 = P^2C^2 + Ma^2C^4$

$$E = (+/-)\ \sqrt{(p^2c^2 + Ma^2C^4)}$$

Es la masa de materia oscura Mr, masa imaginaria, la que define la energía total del Big Bang, y es esta energía la que genera el espectro de ondas gravitacionales, el espectro de ondas electromagnéticas y todas las demás formas de energía.

El doble signo de energía correspondería a la materia formada por quarks y gluones que vendría dada por la expresión $E = -iMr \times C^2$. La energía $E = i\ Mr \times C^2$ estaría asociada a la antimateria; ambas energías se utilizarían para expandir el espacio-tiempo (Big Bang) para recuperar su tamaño original. Esta energía es el resultado de suponer que los quarks y los gluones tienen una velocidad $C > 300.000$ km/s; otra forma de interpretar esto es asumir una constante $C = 300.000$ km/s; pero esto nos llevaría a definir la masa resultante $Ms = Ma - iMr$, es decir, se crea la masa imaginaria.

La energía que correspondería a la antimateria formaría parte de la misma estructura del espacio-tiempo. La interacción de la materia con el espacio-tiempo que llamamos gravedad no sería más que la interacción de la materia con la antimateria y mediante este mecanismo se cancelan las energías, es decir, se aplica nuevamente el principio de conservación de la energía. Esto sería análogo a lo que dijo Dirac de que la materia estaría en un mar de antimateria siendo la antimateria la misma estructura espacio-tiempo.

CÁLCULO DE << ΩM,o >>

Calculemos ΩM,o. Según la Figura 6.

ΩM,o = 0,25

Calculemos ΩM,o con nuestros datos obtenidos de nuestro modelo.

En nuestro modelo, la masa calculada del universo corresponde a:

$Ma = 1,20\ 10^{56}$ kg, masa bariónica de nuestro universo.

$Ms = 1,20\ 10^{82}$ kg, masa de materia oscura en nuestro universo.

A día de hoy, corresponde a un tiempo $t = 4,35\ 10^{17}$ s.

¿Cuánto espacio-tiempo se ha expandido hasta la fecha? Calculemos.

Consideraremos tres posibilidades:

1. **Expansión máxima:**

R = 3 10^{21} m/s x 4,3 10^{17} s = 12,89 10^{38} m

El tiempo promedio estimado en el universo es 13,800 10^{6} años.

13,800 10^{6} anos, corresponden a t = 4,35 10^{17} s

Calculemos el espacio que recorrió la luz en ese tiempo com c = 3 10^{8} m/s.

E = V x t = 3 10^{8} x 4,35 10^{17} = 13,05 10^{25} m

En una dimensión, el universo tendrá el siguiente radio:

Ru = 1,28 10^{39} + 13,05 10^{25} ≈ 1,28 10^{39} m

Ru = 1,28 10^{39} m, radio del universo.

Du = 2,56 10^{39} m, diámetro del universo.

1 año-luz = 9,46 10^{15} m

Ru = 12,8 10^{38} / 9,46 10^{15} = 1,3530 10^{23} años-luz

Ru = 1,3530 10^{5} x 10^{18} años-luz

- Ru = 135,300 trillones de años-luz, radio del universo.

- Du = 270,600 trillones de años-luz, diámetro del universo.

Conociendo el radio del universo, calcularemos la densidad.

Ru = 1,28 10^{39} m, radio del universo.

ρ = m / v, ρ = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^{82} /1,33 x 3,14 x 2,09 10^{117}

ρ = 1,20 10^{82} / 8,72 10^{117} = 0,13 10^{-35} kg/ m^3 = 1,3 10^{-36} kg/m^3

ρ = 1,3 10^{-36} kg/m^3

ρ = 1,3 10^{-39} g/cm^3

ρo = 1,3 10^{-39} g/cm^3, densidad del universo hoy.

$\rho cr,o$ = 3,84 10^{-29} g/cm^3, densidad crítica del universo hoy.

$\Omega M,o$ = ρo / $\rho cr,o$ = 1,3 10^{-39} / 3,84 10^{-29} = 0,33 10^{-10}

$\Omega M,o$ = 0,33 10^{-10}
$\Omega M,o < 1$

2. Expansión mínima:

R = 3 10^{21} m/s x 1,22 10^{13} s = 3,66 10^{34} m

El tiempo promedio estimado en el universo es 13,800 10^{6} años.

13,800 10^{6} anos, corresponden a t = 4,35 10^{17} s

Calculemos el espacio que recorrió la luz en ese tiempo con c = 3 10^{8} m/s.

E = V x t = 3 10^{8} x 4,35 10^{17} = 13,05 10^{25} m

En una dimensión, el universo tendrá el siguiente radio:

Ru = 3,66 10^{34} + 13,05 10^{25} ≈ 4,66 10^{34} m

Ru = 3,66 10^{34} m, radio del universo.

Du = 7,32 10^{34} m, diámetro del universo.

1 año-luz = 9,46 10^{15} m

Ru = 3,66 10^{34} / 9,46 10^{15} = 0,3868 10^{19} años-luz

Ru = 3,86 10^{18} años-luz

- Ru = 3,86 trillones de años luz, radio del universo.

- Du = 7,72 trillones de años luz, diámetro del universo.

Conociendo el radio del universo, calcularemos la densidad.

Ru = 3,86 10^{34} m, radio del universo.

ρ = m / v, ρ = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^{82} / (1,33 x 3,14 x 57,51 10^{102})

ρ = 1,20 10^{82} / 240,17 10^{102} = 0,004996 10^{-20} kg/ m^3 = 4,996 10^{-23} kg/m^3

ρ = 4,996 10^{-23} kg/m^3

ρ = 4,996 10^{-26} g/cm3

ρo = 4,996 10^{-26} g/cm^3, densidad del universo hoy.

$\rho cr,o$ = 3,84 10^{-29} g/cm^3, densidad crítica del universo hoy.

$\Omega M,o$ = ρo / $\rho cr,o$ = 4,996 10^{-26} / 3,84 10^{-29} = 1,30 10^{3}

$\Omega M,o$ = 1,30 10^{3}
$\Omega M,o > 1$

3. Expansión mas probable de ΩM,o.

E1 = V1 x t1

V1 = 3 10^{21} m/s; t1 = 1,22 10^{13} s

E1 = 3 10^{21} x 1,22 10^{13} = 3,66 10^{34} m

E2 = V2 x t2

V2 = 3 10^{8} m/s; t2 = 4,35 10^{17} s

E2 = 3 10^{8} x 4,35 10^{17} = 13,05 10^{25} m

E = E1 + E2

E = 3,66 10^{34} + 1,30 10^{26}

Consideramos que E2 suma aproximadamente una potencia de 10 con respecto a E1.

E = 3,66 10^{35} m

En una dimensión, el universo tendrá el siguiente radio:

Ru = 3,66 10^{35} m

Du = 7,32 10^{35} m

1 año-luz = 9,46 10^{15} m

Ru = 3,66 10^{35} / 9,46 10^{15} = 0,386 10^{20} año-luz

- Ru = 38,6 trillones de años luz, radio del universo.
- Du = 77,2 trillones de años luz, diámetro del universo.

Conociendo el radio del universo, calcularemos la densidad.

Ru = 3,66 10^{35} m

ρ = m / v, ρ = m / (4/3 x π x R^3) = 1,20 10^{82} / (1,33 x 3,14 x 49,02 10^{105})

ρ = 1,20 10^{82} / 204,75 10^{105} = 0,00586 10^{-23} = 5,86 10^{-26} kg/m³

ρ = 5,86 10^{-26} kg/m3

ρo = 5,86 10^{-29} g/cm³, densidad del universo hoy.

$\rho cr,o$ = 3,84 10^{-29} g/cm3, densidad crítica del universo hoy.

ΩM,o = ρo / $\rho cr,o$ = 5,86 10^{-29} / 3,84 10^{-29} = 1,52 10^{0} = 1,52

ΩM,o = 1,52

4. Finalmente, podemos concluir que $\Omega M,o$; varia entre os seguintes limites

$0,33\ 10^{-10} < \Omega M,o < 1,30\ 10^{3}$
$\Omega M,o = 1,52$; valor mas provable.

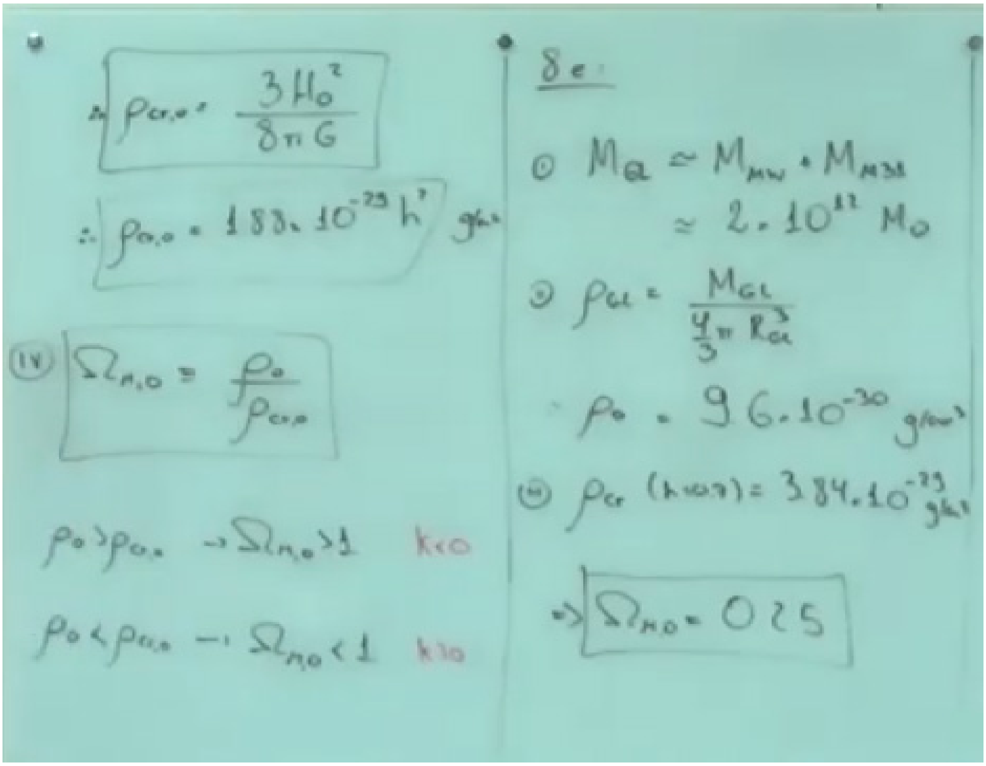


Figura 6 – Cálculo $\Omega M,o$.

DIFERENCIA EN LA CONSTANTE DE HUBBLE MEDIDA POR DIFERENTES MÉTODOS: CMB, SUPERNOVA IA, LENTE GRAVITACIONAL Y ONDAS GRAVITACIONALES

Si observamos la Figura 7, el tiempo entre 10^{14} s y 10^{17} s, vemos la región cuadriculada dividida en dos partes. La primera parte coloreada en azul claro representa el primer frente de onda gravitacional $\lambda 1 + \Delta\lambda$ que continúa hasta cero, y la segunda parte cuadriculada sin color que representa el segundo y tercer frente de onda gravitacional $\lambda 2+\Delta\lambda$ y $\lambda 3+\Delta\lambda$, lo que da un impulso adicional de energía. eso hace que la constante de Hubble cuya pendiente estaba disminuyendo alcance el punto de inflexión y cambie a pendiente positiva.

Si observamos el espectro de energía entre 10^{13} s y 10^{17} s en la Figura 7,

intuitivamente vemos que no tienen una relación lineal, por lo que tendremos que encontrar la relación correcta para determinar cómo ha cambiado la constante de Hubble desde la era de la recombinación, 10^{13} s, hasta el día de hoy 10^{17} s.

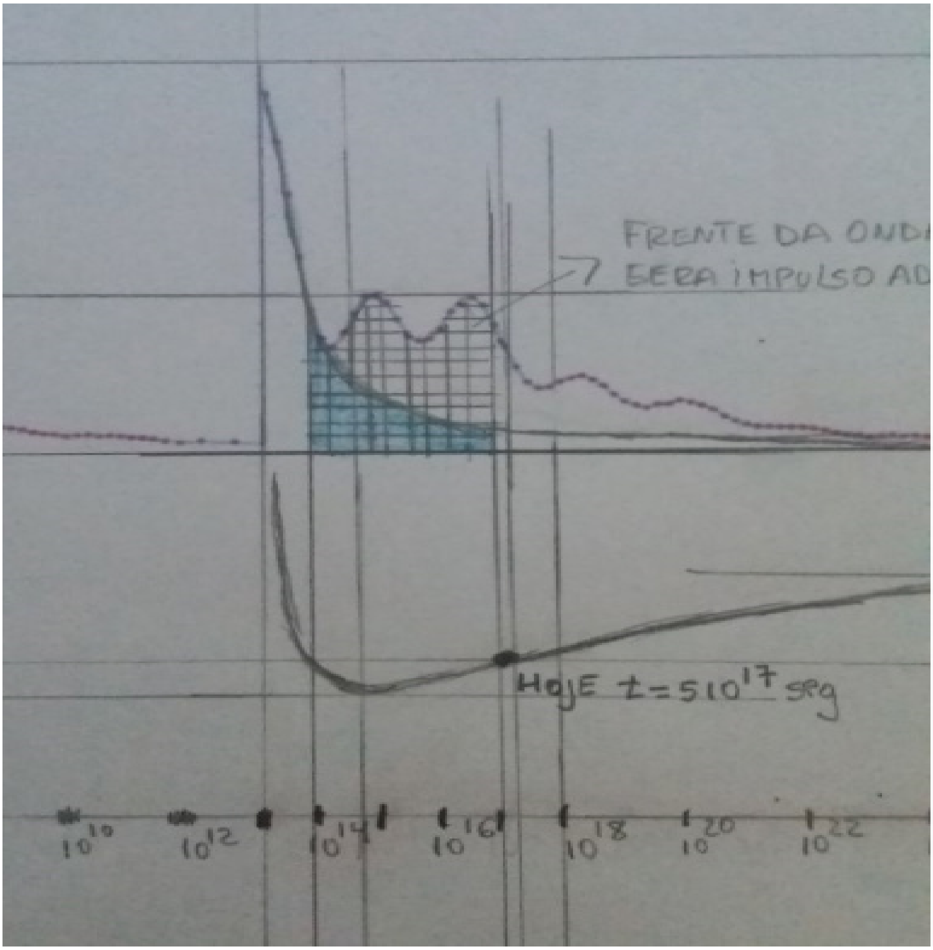


Figura 7 – Variación de la constante de Hubble.

Si la calibración de las oscilaciones acústicas bariónicas utilizadas para determinar la constante de Hubble es lineal o no es la correcta, entonces la medición de la constante de Hubble es incorrecta para hoy, que corresponde a 67 km/s/Mp. Es muy importante encontrar la relación exacta para determinar con precisión cómo varía la constante de Hubble desde la era de la recombinación hasta la actualidad.

Aqui hay un punto muy importante, tendremos que encontrar la ecuación correcta

que determina cómo se generan las ondas gravitacionales en la era inflacionaria y calibrar estas con las oscilaciones acústicas de los bariones para tener un norte que nos diga exactamente cómo variará la constante de Hubble con el tiempo. ¡Posiblemente después de eso, ambos métodos concordarán!

La figura 8 muestra el pico acústico bariónico en función de la correlación ξ(z).

Si comparamos la Figura 7 con la Figura 8, vemos que ambas figuras tienen una similitud, siendo una sobre densidad de materia la que determina un exceso de materia adicional, y es precisamente este exceso de materia el que está indicando un frente de onda $\lambda+\Delta\lambda$, de energía adicional, que da un impulso adicional para aumentar la pendiente de la constante de Hubble y hace que el universo siga acelerándose. Estamos diciendo que el universo aún no ha recuperado su estado original después del Big Bang, el espacio-tiempo aún se encuentra en expansión lo que indica que aún se están generando ondas gravitacionales, como se muestra en la Figura 7 – Variación de la constante de Hubble.

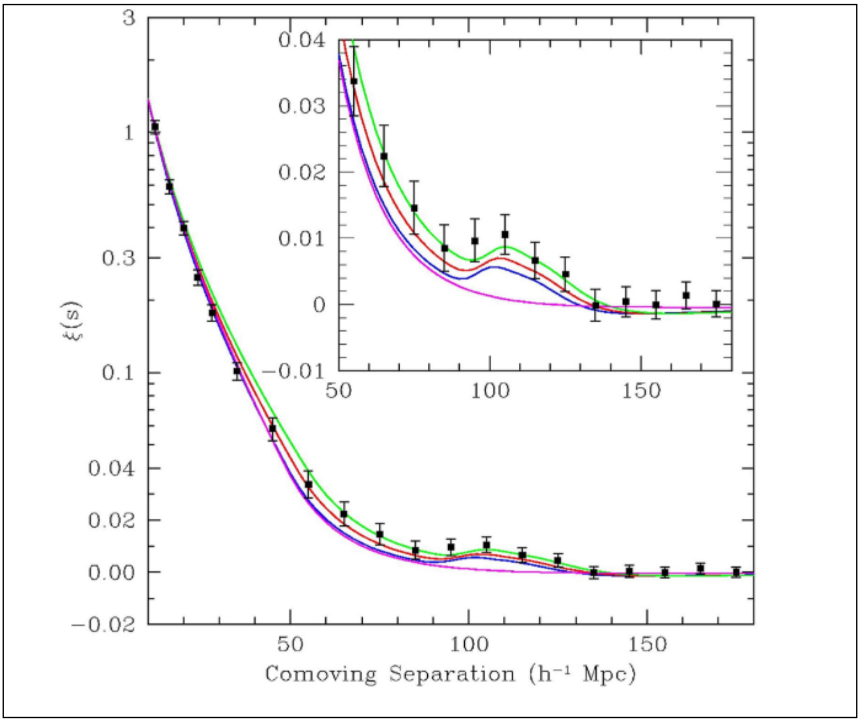


Figura 8 – Pico acústico bariónico en función de la correlación ξ(z).

CONCLUSIONES FINALES

Cuando medimos la constante de Hubble usando el método de supernova IA, nos da H = 74 km/s/Mpc.

Cuando medimos la constante de Hubble, usando el fondo de radiación de microondas CMB, nos da H = 67 km/s/Mpc.

Cuando medimos la constante de Hubble usando estrellas de neutrones fusionadas, usando el espectro electromagnético y las ondas gravitacionales, nos da H = 66,2 km/s/Mpc.

Cuando medimos la constante de Hubble usando una supernova IA y lentes gravitacionales, nos da H = 64 km/s/Mpc.

¿Cuál de todos estos valores es correcto? ¿O son todos los valores correctos?

Cuando observamos la Figura 7, observamos que la constante de Hubble es variable con el tiempo por la energía adicional del primer frente de onda $\lambda 1+\Delta\lambda$, segundo frente de onda $\lambda 2+\Delta\lambda$ y del tercer frente de onda $\lambda 3+\Delta\lambda$; también encontramos este efecto en las oscilaciones acústicas de los bariones.

Es importante recordar que las ondas gravitacionales se generan en función del tiempo desde 10^{-13} s hasta 10^{13} s, y se propagan en el espacio-tiempo a una velocidad de 10^{21} m/s, hasta que todo el espacio-tiempo recupera su tamaño original. Cuando decimos que el espacio-tiempo tiene que recuperar su tamaño original, estamos diciendo que cada onda gravitacional generada tiene que recorrer una distancia aproximada de 10^{34} m. La última onda gravitacional se generará en t = 10^{13} s, y terminará en 10^{26} s, a una tasa de expansión de 10^{21} m/s. Esto nos está diciendo que en estos días el universo (espacio-tiempo) aún no ha recuperado su tamaño original, por lo que el espacio-tiempo se expande a una velocidad que varia con la frecuencia, con esto, yo diría que podemos y tenemos que encontrar las autopistas espaciales que nos permitan viajar a una velocidad mayor que la velocidad de la luz a razón de 10^{21} m/s.

Posiblemente los valores de las constantes de Hubble determinados por los cuatro diferentes métodos sean correctos y la diferencia entre los valores calculados para las constantes de Hubble se deba a que la expansión del espacio-tiempo es diferente en cada lugar donde se llevan a cabo las mediciones.

En conclusión, el espectro de ondas gravitacionales creadas en la era inflacionaria inciden en la expansión del espacio-tiempo de manera no uniforme y determinan las variaciones de las constantes de Hubble, tal como lo indican los resultados de las mediciones realizadas en los métodos expuestos anteriormente.

Además, el espectro de ondas gravitacionales que hacen que el espacio-tiempo se expanda de manera no uniforme es la causa de la expansión acelerada del espacio-tiempo en nuestro universo.

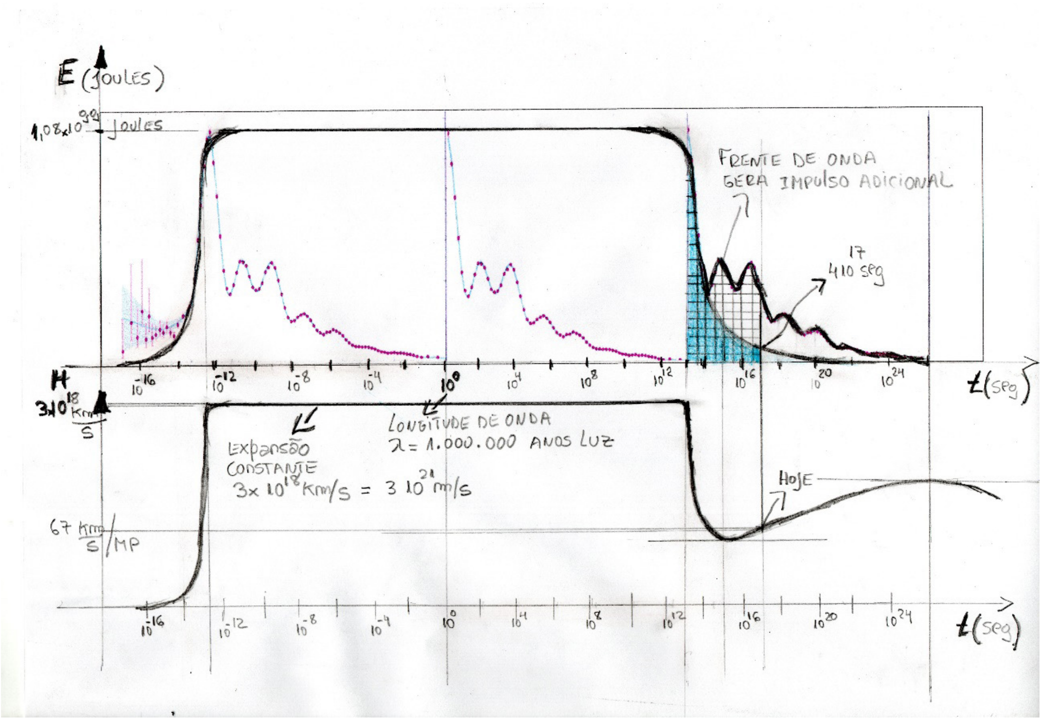


Figura 9 – Gráfico inferior (H,T).

En la Figura 9, el gráfico superior representa la energía de las ondas gravitatorias en función del tiempo t (E x t), y el gráfico inferior representa el cambio en la constante de Hubble en función del tiempo t (H x t).

El intervalo de tiempo de 10^{13} s a 10^{17} s representa aproximadamente la era de recombinación 380.000 años después del Big Bang hasta la actualidad, y está marcado en azul claro.

APÉNDICE 4: CÁLCULO DE LA RELACIÓN MATERIA-ENERGÍA DEL UNIVERSO EN EL MODELO RLC

$\partial = 5\ 10^{17} / 10^{26} = 5\ 10^{-9}$

E@ = $5\ 10^{-9} \times 1{,}08\ 10^{99}$ J

- E@ = $5{,}40\ 10^{90}$ Joules, es la cantidad de energía que ha convolucionado con el espaciotiempo en un tiempo t = $5\ 10^{17}$ s.

M@ = $5\ 10^{-9} \times 1{,}20\ 10^{82}$ kg

- M@ = $6{,}00\ 10^{73}$ kg, es la cantidad de materia que ha convolucionado con el espacio-tiempo en un tiempo t = $5\ 10^{17}$ s.

Porcentaje de E@ e M@ em %.

E@% = $(5{,}40\ 10^{90} / 1{,}08\ 10^{99}) \times 100 = (5\ 10^{-9}) \times 100 = 5\ 10^{-7}$ = 0,0000005%

M@% = $(6{,}00\ 10^{73} / 1{,}20\ 10^{82}) \times 100$ = 0,0000005%

Según los cálculos, para t = $5\ 10^{17}$ s, la cantidad de energía que ha convolucionado con el espacio-tiempo corresponde al 0,0000005% de un total de $1{,}08\ 10^{99}$ J.

Según los cálculos, para t = $5\ 10^{17}$ s, la cantidad de materia Mr que convolucionó con el espacio-tiempo corresponde al 0,0000005% de un total de $1{,}20\ 10^{82}$ kg.

Prácticamente falta convolucionar el 100% de la energía con el espacio-tiempo, y esto se logra en t = 10^{26} s.

Trabajemos todo como una función de la materia.

Para t = 0, toda la materia del universo es Mr, es decir, materia oscura.

- Para t = $5\ 10^{17}$ s,

Para t = $5\ 10^{17}$ s, la cantidad de materia Mr que convolucionó con el espacio-tiempo corresponde al 0,0000005% de un total de $1{,}20\ 10^{82}$ kg.

La cantidad de materia que queda por convolucionar corresponde a:

Mε = (100 – 0,0000005) = 99,9999995%

Mε = 99,99999995%, es la cantidad de materia oscura para t = $5\ 10^{17}$ s.

Eε = 0,0000005%, es la cantidad de energía oscura para t = $5\ 10^{17}$ s.

Calculemos el porcentaje de materia normal en relación a la materia oscura.

Mn% = $(1{,}20\ 10^{56} / 6\ 10^{73}) \times 100 = 2\ 10^{-16}$ %

Según los cálculos, hasta la fecha, el 99,99999995% de la torta que compone el universo es materia oscura, el 0,0000005% es energía oscura y la cantidad de materia normal o bariónica es despreciable.

APÉNDICE 5: EL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN Y LA DETECCIÓN DE AGUJEROS NEGROS.

En este artículo, utilizando ondas gravitacionales, vamos a presentar un método que nos permite definir si el modelo Lambda-CDM o el modelo RLC es el correcto.

Hipótesis: Todos los agujeros negros tienen su propia frecuencia de vibración intrínseca, lo que les permite ser detectados, su detección dependerá de la variación de la energía potencial de la onda gravitacional emitida al espacio-tiempo con una frecuencia característica, esto es lo que detectará LIGO o Virgo. En los cálculos realizados consideramos variaciones de energía potencial equivalentes a 1ϴ masa solar, 3ϴ masas solares y la masa de la tierra; referido a una masa de 1 kg.

Tomemos como base la fusión de dos agujeros negros detectados por LIGO.

I. Fusión de dos agujeros negros.

Ejemplo 1:

A1 = 36ϴ = 36 X 2 10^{30} kg = 72 10^{30} kg

A2 = 29ϴ = 58 10^{30} kg

A3 = A1 + A2 = 62ϴ = 124 10^{30} kg

Δ = 3ϴ = 6 10^{30} kg, tres masas solares disipadas en forma de onda gravitacional.

Vamos calcular el radio de Schwarzschild.

Rs = (2 x G x M) / C^2, Radio de Schwarzschild

Rs = 2 x 6,67$10^{-11}$ x 124 10^{30} / 9 10^{16}

Rs = 1654,16 10^{19} / 9 10^{16} = 183,79 10^3

Rs = 183,79 10^3 m

ΔEp = (-G x ΔM x m) / r, variación de la energía potencial gravitatoria; m = 1 kg.

Vamos calcular ΔEp a una distancia Rs

ΔEp = -6,67 10^{-11} x 6 10^{30} / 183,79 10^3

ΔEp = - 40,01 10^{19} /183,79 10^3

- ΔEp = -2,176 10^{15} J

Ahora calculemos ΔEp a una distancia de 410 Mpc.

ΔEp = (-G x ΔM x m) / r, energia potencial gravitacional.

r = 410 Mpc = 1,26 10^{25} m

ΔEp = (-6,67 10^{-11} x 6 10^{30}) / 1,26 10^{25} = - 40,01 10^{19} / 1,26 10^{25}

ΔEp = -31,74 10^{-6} J

- ΔEp = -31,74 μ J

Para variaciones de energía potencial gravitatoria del orden de microJoules, se produce un desplazamiento del orden de 10^{-21} m en el interferómetro LIGO en un rango de frecuencia de (35 a 350) Hz.

MODELO RLC DEL UNIVERSO

II. Agujero negro Sagitário A*

M * = 9,54 10^{41} kg, ver el artículo: De los Agujeros Negros al Big Bang.

Rs* = 6 10^{9} m

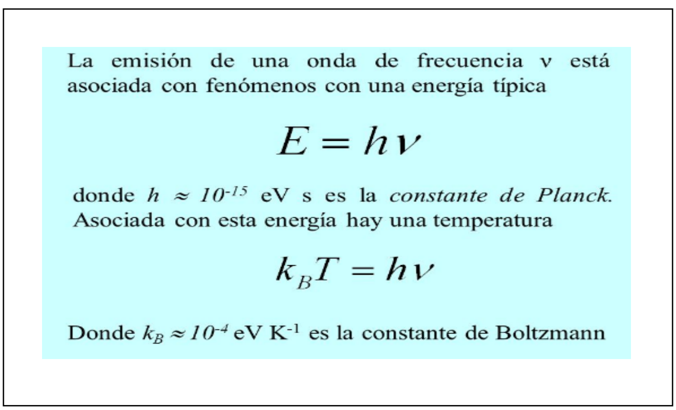


Figura 1

Calculemos la frecuencia característica de Sagitario A*.

$E_G = K_{BG}$ x T_G = 1,78 10^{-43} x 3 10^{14} = 5,34 10^{-29} J

E_G = 5,34 10^{-29} J, energia del gravitón.

E_G = 3,33 10^{-10} eV

E_G = h x f_G; f_G = E_G / h = 5,34 10^{-29} / 6,62 10^{-34} = 0,80 10^{5} = 8,0 10^{4} Hz

- f_G (+/-) Δf_G = 80.000 Hz; frecuencia característica.

- λ_G (+/-) $\Delta\lambda_G = 1{,}28\ 10^6$ m; longitud de onda característica.

Calcularemos ΔEp para Rs*, considerando 1Θ (una masa solar).

ΔEp = (-G x ΔM x m) / r, energia potencial gravitacional; m = 1 kg.

$\Delta Ep = -\ 6{,}67\ 10^{-11} \times 2\ 10^{30} / 6\ 10^9$

$\Delta Ep = -\ 13{,}34\ 10^{19} / 6\ 10^9$

$\Delta Ep = -\ 2{,}22\ 10^{10}$ J

Ahora calcularemos ΔEp a una distancia de 26,000 años luz.

$r = 2{,}45\ 10^{20}$ m

$\Delta Ep = -\ 6{,}67\ 10^{-11} \times 2\ 10^{30} / 2{,}45\ 10^{20}$

$\Delta Ep = -13{,}34\ 10^{19} / 2{,}45\ 10^{20} = -5{,}44\ 10^{-1}$

$\Delta Ep = -\ 5{,}44\ 10^{-1}$ J, a una frecuencia característica de 80 KHz

Supongamos una relación lineal entre la energía Ep y el desplazamiento en el instrumento LIGO.

10^{-7} Joules --------------------- 10^{-22} m
10^{-6} Joules ----------------------10^{-21} m
10^{-1} Joules ----------------------10^{-16} m
10^{0} Joules ----------------------10^{-15} m
10^{5} Joules -----------------------10^{-10} m
10^{10} Joules ----------------------10^{-05} m

Tabla 1 – Relaciona la energía de una onda gravitatoria con la sensibilidad del instrumento LIGO.

Calcularemos ΔEp para Rs *, considerando la masa de la Tierra $5{,}97\ 10^{24}$ kg.

ΔEp = (-G x ΔM x m) / r, energia potencial gravitacional.

$\Delta Ep = -\ 6{,}67\ 10^{-11} \times 5{,}97\ 10^{24} / 6\ 10^9$

$\Delta Ep = -\ 39{,}81\ 10^{13} / 6\ 10^9$

$\Delta Ep = -\ 6{,}63\ 10^4$ J

Calcularemos ΔEp a una distancia de 26,000 años luz.

$r = 2{,}45\ 10^{20}$ m

$\Delta Ep = -\ 6{,}67\ 10^{-11} \times 5{,}97\ 10^{24} / 2{,}45\ 10^{20}$

$\Delta Ep = -39{,}81\ 10^{13} / 2{,}45\ 10^{20} = -16{,}24\ 10^{-7}$

$\Delta Ep = -16,24\ 10^{-7}$ J, a una frecuencia característica de 80 KHz.

Si Sagitario A* produce ondas gravitacionales equivalentes a variaciones de masa similares a las de la Tierra, LIGO podría medirlas, pero el problema estaría en el rango de frecuencia, y en este caso la frecuencia es alta, 80 KHz (+/-) Δf_G.

MODELO LAMBDA-CDM DEL UNIVERSO

III. Agujero negro Sagitário A*

$M^* = 8,1\ 10^{36}$ kg

$Rs^* = 6\ 10^{9}$ m

Vamos calcular la frequência característica de Sagitário A*.

$E_G = KB_G \times T_G = 1,38\ 10^{-23} \times 9,5\ 10^{-14} = 13,11\ 10^{-37}$ J

$E_G = 13,11\ 10^{-37}$ J, energia del gravitón.

$E_G = h \times f_G$; $f_G = E_G / h = 13,11\ 10^{-37} / 6,62\ 10^{-34} = 1,98\ 10^{-3} = 0,0019$ Hz

- f_G (+/-) $\Delta f_G = 0,0019$ Hz

$C = \lambda \times f$, $\lambda = C/f = 3\ 10^{8} / 0,0019$

- λ_G (+/-) $\Delta\lambda_G = 1,57\ 10^{11}$ m

Vamos calcular ΔEp para Rs *, considerando la masa de la Terra $5,97\ 10^{24}$ kg.

$\Delta Ep = (-G \times \Delta M \times m) / r$, energia potencial gravitacional.

$\Delta Ep = -6,67\ 10^{-11} \times 5,97\ 10^{24} / 6\ 10^{9}$

$\Delta Ep = -39,81\ 10^{13} / 6\ 10^{9}$

$\Delta Ep = -6,63\ 10^{4}$ J

Calcularemos ΔEp a uma distância de 26,000 años-luz

$r = 2,45\ 10^{20}$ m

$\Delta Ep = -6,67\ 10^{-11} \times 5,97\ 10^{30} / 2,45\ 10^{20}$

$\Delta Ep = -39,81\ 10^{13} / 2,45\ 10^{20} = -16,24\ 10^{-7}$

$\Delta Ep = -16,24\ 10^{-7}$ J, a una frecuencia característica de $1,9\ 10^{-3}$ Hz

Si Sagitario A* produce ondas gravitacionales equivalentes a variaciones de masa similares a las de la Tierra, LIGO podría medirlas, pero el problema estaría en el rango de frecuencias, y en este caso las frecuencias serían muy bajas, $1,9\ 10^{-3}$ Hz (+/-) Δf_G.

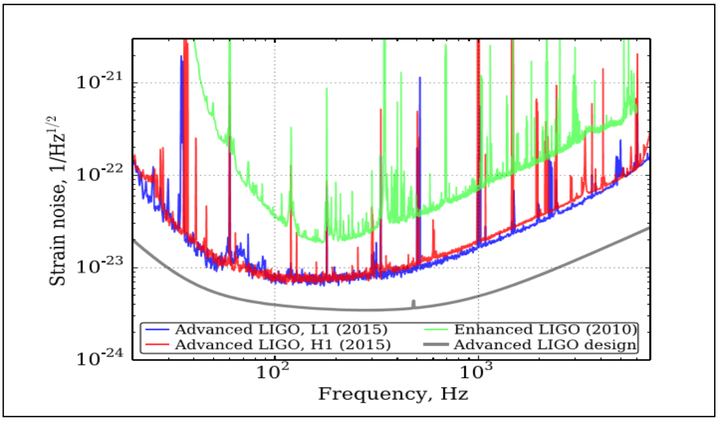


Figura 2

Conclución:

En ambos modelos, la variación de la energía gravitatoria ΔEp equivalente a la masa de la Tierra produce una perturbación en el instrumento LIGO del orden de 10^{-22} m, y la diferencia entre los modelos vendrá determinada por la frecuencia medidad en dicha perturbación.

Se observa que la variación de la energía gravitatoria del orden de la masa de la Tierra en Sagitario A*, está en el límite de detección del interferómetro LIGO, a medida que mejoremos la sensibilidad del interferómetro, podremos medir variaciones de energía más pequeñas que la masa de la Tierra.

APÉNDICE 6: CÁLCULO DE LA MASA CRÍTICA PARA PRODUCIR UN AGUJERO NEGRO EN EL LHC

Calcularemos el radio Rs para un agujero negro de 3ϴ.

$Rs = 2 \times G \times M / C^2$, radio de Schwarzschild

$Rs = (2 \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 3 \times 2\ 10^{30}) / 9\ 10^{16}$

$Rs = 80{,}03\ 10^{19} / 9\ 10^{16}$

$Rs = 8{,}89\ 10^{3}$ m

CÁLCULO DE LA MASA CRÍTICA:

Enunciemos primero que la temperatura a la que se produce el plasma de quarks-gluones en el LHC corresponde a 175 MeV ($0{,}2\ 10^{13}$ K). La pregunta es, ¿por qué no se produce un agujero negro? Ciertamente las condiciones de existencia de los cuatro campos de fuerza y la temperatura electromagnética Tε son las principales causas que impiden la formación de un agujero negro.

Teniendo en cuenta lo anterior, consideremos la energía térmica media igual a la energía potencial gravitatoria de un agujero negro de radio Rs.

$E\varepsilon = Epg$

Eε, Energía térmica media del plasma de quarks y gluones.

Epg, Energía potencial gravitacional de un agujero negro de 3ϴ y radio $Rs = 8{,}89\ 10^{3}$ m.

$N \times K_B \times T\varepsilon = (G \times M \times M1) / Rs;$

Consideramos la masa M1 como un cuerpo unitario de 1 kg de masa que orbita alrededor de un agujero negro de masa M y radio Rs.

M es la masa de un agujero negro $3ϴ = 6\ 10^{30}$ kg.

N es igual al número de partículas elementales.

$(M/m) \times K_B \times T\varepsilon = (G \times M \times M1) / Rs;$

M, es la masa de un volumen V.

m, la cantidad de masa de una partícula en el volumen V.

Dividimos todo por el volumen V

$(M/V) \times m^{-1} \times K_B \times T\varepsilon = G \times (M/V) \times M1 \times Rs^{-1}$

Consideramos en ambos lados que las densidades $\rho = M/V$ son iguales.

$(K_B \times T\varepsilon) / m = (G \times M1) / Rs$

$mc = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

Ecuación de masa crítica para crear un agujero negro en el LHC

I. $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K, temperatura normal.

Cuando se produce el plasma de quarks-gluones, la constante de Boltzmann cambia, por lo que este cálculo realizado para este ítem es meramente ilustrativo.

$m = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$m = (1{,}38\ 10^{-23} \times 10^{13} \times 8{,}89\ 10^{3}) / 6{,}67\ 10^{-11}$

$m = 12{,}26\ 10^{-7} / 6{,}67\ 10^{-11} = 1{,}83\ 10^{4}$

$m = 1{,}83\ 10^{4}$ kg

- $m = 10{,}33\ 10^{30}$ GeV/C²

II. $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, para una temperatura de 10^{13} K.

$m = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$m = (1{,}78\ 10^{-43} \times 10^{13} \times 8{,}89\ 10^{3}) / 6{,}67\ 10^{-11}$

$m = 15{,}82\ 10^{-27} / 6{,}67\ 10^{-11}$

$m = 2{,}37\ 10^{-16}$ kg

- $m = 13{,}33\ 10^{10}$ GeV/C²

En el artículo sobre el factor de escala de la constante de Boltzmann, mostramos que la constante de Boltzmann en el dominio de las cuatro fuerzas fundamentales es $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K; luego mostramos que la constante de Boltzmann en un agujero negro bajo el dominio de los campos gravitatorios y la fuerza fuerte es $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

Por seguridad, se recomienda no trabajar con valores de energía superiores a $13{,}33\ 10^{10}$ GeV/C².

$13{,}33\ 10^{10}$ GeV/C², debe considerarse un valor límite o de referencia crítico.

Actualmente, el acelerador de partículas del CERN está trabajando con energías del orden de los 14 TeV.

El futuro acelerador de partículas que se construirá en el CERN está diseñado para trabajar con energías del orden de los 100 TeV.

CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS – MASSA DE PLANCK

Por definición, la masa de Planck es:

$mp = \sqrt{((h \times C) / G)} = 2{,}17\ 10^{-8}$ kg $= 1{,}22\ 10^{19}$ GeV/C^2

Calcularemos la masa crítica para producir un agujero negro en un acelerador de partículas usando un razonamiento similar al cálculo de la masa de Planck:

Em = Epg

Em, energía de la masa en reposo.

Epg, energía potencial gravitacional de un agujero negro de masa M y radio Rs.

$m \times c^2 = G \times M \times M1 / Rs$

Recordemos que la energía también se define de la siguiente manera:

Para un fotón de longitud de onda λ,

$E = (h \times c) / \lambda$, sustituyendo.

$(N \times h \times c) / \lambda = G \times M \times M1 / Rs$

Si consideramos las siguientes condiciones:

$\lambda / 2 = 2 \times \pi \times Rs$, $C = 2 \times \pi \times Rs$, $C = \lambda / 2$; C = círculo de raio Rs.

M1 = 1 kg de massa.

Obtenemos la siguiente ecuación

$N \times h \times c = 4 \pi \times G \times M \times M1$

M, es la masa de un volumen V.

m, la cantidad de masa unitaria equivalente en el volumen V.

N = M/m, remplazando obtenemos:

$(M/m) \times h \times c = 4 \times \pi \times G \times M \times M1$

Dividimos todo por el volume V, obtenemos:

$((M/V) \times h \times c) / m = 4 \times \pi \times G \times (M/V) \times M1$

Si consideramos que la densidad (M/V) es la misma en ambos miembros, obtenemos:

$(h \times c) / m = 4 \times \pi \times G \times M1$

$mc = h \times c / (4 \times \pi \times G \times M1)$

Ecuación de masa crítica de Planck

$m = 6{,}62\ 10^{-34} \times 3\ 10^{8} / 4 \times 3{,}14 \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 1$ kg

$m = 19{,}86\ 10^{-26} / 83{,}76\ 10^{-11} = 0{,}237\ 10^{-15}$ kg

m = 2,37 10^{-16} kg

- mc = 13,33 10^{10} GeV/C^2

Cuando la unidad de masa equivalente alcanza el valor de 13,33 10^{10} GeV/C^2, se produce un agujero negro en el acelerador de partículas LHC.

Vemos como el valor calculado para la masa crítica en este ítem es coincidente con el valor de m, calculado en el ítem II) con la constante de Boltzmann K_B = 1,78 10^{-43} J/K.

- La masa de Planck mp = 1,2 10^{19} GeV/C^2; no es el límite para formar un agujero negro en un acelerador de partículas.
- *13,33 10^{10} GeV/C^2. Debe considerarse un valor crítico o límite y no debemos trabajar con valores superiores en el LHC.*

Comentários:

En este artículo podemos ver la importancia de la constante de Boltzmann para determinar el valor de la masa crítica o el rango de masa-energía en el que podemos crear un agujero negro en un acelerador de partículas.

Recordemos que el factor de escala de la constante de Boltzmann nos permite cuantificar el espacio-tiempo y estamos aplicando exactamente este criterio para poder realizar los cálculos.

Usando dos métodos diferentes, debemos resaltar cómo los resultados de las ecuaciones que se muestran a continuación son prácticamente coincidentes para K_B = 1,78 10^{-43} J/K.

- m = (K_B x T_ε x Rs) / G x M1; m = 13,33 10^{10} GeV/C^2.
- m = h x c / 2π x G x M1; m = 13,33 10^{10} GeV/C^2.
- Esta igualdade é dada para K_B = 1,78 10^{-43} J/K.

ANÁLISIS DEL PLASMA DE QUARKS-GLUON Y SU RELACIÓN CON LOS AGUJEROS NEGROS

I. Método 1: Cambio de fase de la materia, temperatura de Hagedorn.

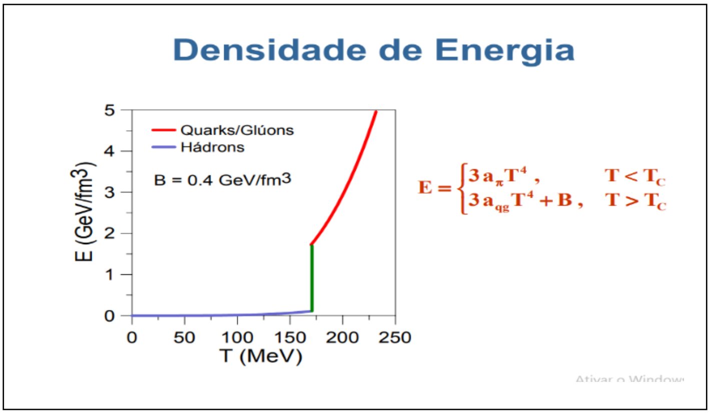


Figura 1

Para una temperatura de 175 MeV, que corresponde a T = 0,2 10^{13} K, se produce un cambio de fase en la materia, creando un plasma de quarks y gluones.

Dε = 1,7 GeV/fm3, densidad de energia.

Dε = 1,7 GeV 10^{45} GeV/ (C^2 x m3)

Dε = 1,7 x 1,78 x 10^{45} x 10^{-27} kg/m3

Dε = 3,02 10^{18} kg/m3, densidad aproximada del plasma quarks-gluones.

II. Método 2: Cálculo de la densidad de un agujero negro considerando Lc.

Lc = (G x M) / c^2, longitud característica.

Lc = 6,67 10^{-11} x 6 10^{30} / 9 10^{16} = 40,02 10^{19} / 9 10^{16}

Lc = 4,44 10^3 m

R = Lc / 2

- R = 2,22 10^3 m

Dε = m / v

Dε = 6 10^{30} / 1,33 x 3,14 x 10,94 10^9 = 6 10^{30} / 45,68 10^9

Dε = 0,1313 10^{21}

- Dε = 1,31 10^{20} kg/m3, densidad de energía aproximada del plasma quarks-gluones.

III. Método 3: Cálculo de la densidad media del plasma de quarks-gluones.

Masa de um quark up:

$mu = 1{,}5\ MeV / c^2 = 1{,}5 \times 1{,}79 \times 10^{-30}$ kg

- $mu = 2{,}68\ 10^{-30}$ kg, masa del quark up.

$md = 4{,}0\ MeV / c^2 = 4{,}0 \times 1{,}79 \times 10^{-30}$ kg

- $md = 7{,}16\ 10^{-30}$ kg, masa del quark down.

Ahora calculemos el volumen del quark para obtener la densidad.

Para calcular el volumen del quark, vamos a utilizar el factor de escala de la constante de Boltzmann.

$M = 3M\Theta = 3 \times 2\ 10^{30} = 6{,}0\ 10^{30}$ kg

$T = 10^{13}$ K

$K_B = 6{,}63\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 10^{13} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6{,}0\ 10^{30}$

$K_B = 179{,}01\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{32} = 0{,}1780\ 10^{-42}$

$K_{Bq} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

$D = K / K_{Bq}$, $D = 1{,}38\ 10^{-23} / 1{,}780\ 10^{-43} = 0{,}7752\ 10^{20} = 7{,}752\ 10^{19}$

$D = 7{,}752\ 10^{19}$

$D = Vc12 / Vq$, $Vq = (Vc12 / D) = 1{,}33 \times 3{,}13 \times 0{,}4218\ 10^{-30} / 7{,}752\ 10^{19}$

$Vq = 1{,}76\ 10^{-30} / 7{,}752\ 10^{19} = 0{,}2270\ 10^{-49} = 2{,}270\ 10^{-50}\ m^3$

- $Vq = 2{,}270\ 10^{-50}\ m^3$, volumen del quark.

$V = (4/3) \times \pi \times R^3$, $R = \sqrt[3]{(V/ 1{,}33 \times \pi)} = \sqrt[3]{(2{,}270\ 10^{-50} / 4{,}17)} = \sqrt[3]{0{,}5435\ 10^{-50}}$

$R = \sqrt[3]{5{,}435\ 10^{-51}} = 1{,}758\ 10^{-17}$ m

$R = 1{,}758\ 10^{-17}$ m, corresponde al radio del quark cuando se forma el agujero negro.

Ahora que sabemos el volumen del quark, calculemos la densidad.

Para el quark up, tenemos:

$D\varepsilon u = m/v$

$D\varepsilon u = 2{,}68\ 10^{-30} / 2{,}27\ 10^{-50}$

$D\varepsilon u = 1{,}18\ 10^{20}\ kg/m^3$, densidad del quark up.

Para el quark down, tenemos:

$D\varepsilon d = m/v$

$D\varepsilon d = 7{,}16\ 10^{-30} / 2{,}27\ 10^{-50}$

$D\varepsilon d = 3{,}15\ 10^{20}$ kg/m^3, densidad del quark down.

Antes de que se forme un agujero negro, existe una estrella de neutrones, así que tomemos como referencia un neutrón formado por dos quarks down y 1 quark up.

$D\varepsilon = (D\varepsilon d + D\varepsilon d + D\varepsilon u) / 3$

$D\varepsilon = (2 \times 3{,}15\ 10^{20} + 1{,}18\ 10^{20}) / 3$

$D\varepsilon = 2{,}49\ 10^{20}$ kg/m^3, densidad aproximada del plasma de quarks-gluones.

Con estos tres métodos, demostramos lo siguiente:

1. El plasma de quarks y gluones se forma con una densidad aproximada $D\varepsilon = 10^{18}$ kg/m^3 para una temperatura de $0{,}2\ 10^{13}$ K y la densidad aumenta a medida que aumenta la temperatura.

2. Un agujero negro estelar es un plasma de quarks-gluones que, en el momento de su creación, tiene una densidad de 10^{20} kg/m^3 y una temperatura de 10^{13} K.

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DEL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN Y SUS EFECTOS SOBRE LOS AGUJEROS NEGROS

Sabemos que, para que se forme un agujero negro, hay condiciones críticas que deben cumplirse:

Para un agujero negro estelar:

- $T = 10^{13}$ K
- $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K
- $M = 3\Theta = 6\ 10^{30}$ kg
- $D\varepsilon = 10^{20}$ kg/m^3

Para un agujero negro em el LHC:

- $T = 10^{13}$ K
- $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K
- $mc = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg
- $D\varepsilon = 10^{20}$ kg/m^3

Si observamos la Figura 1, vemos cómo la densidad de energía del plasma de

quarks-gluones aumenta a medida que aumenta la temperatura después de la transición de la materia o cambios de fase para formar el plasma de quarks-gluones.

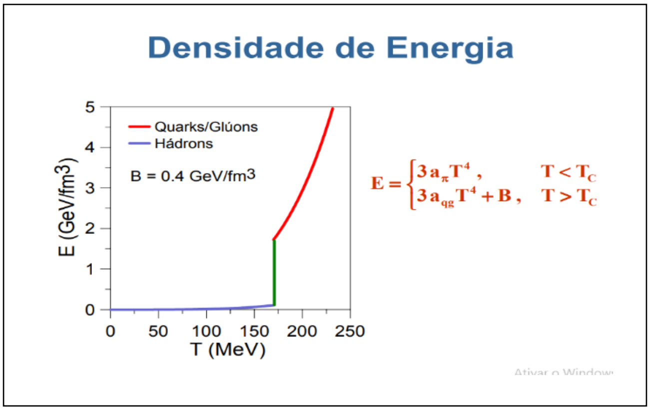


Figura 1

Si observamos la Figura 1, vemos que para T = 175 MeV (0,2 10^{13} K), se produce el cambio de fase de la materia hadronica, convirtiéndose en un plasma de quarks y gluones con una densidad de energía de aproximadamente 1,7 GeV/(c^2 x fm^3); si la temperatura continúa aumentando después de 175 MeV, se observa que la densidad de energía también aumenta y se representa en el gráfico con la curva roja.

La transición de fase de la materia hadrónica está representada por la curva verde.

Qué pasaría si aplicáramos 200 MeV instantáneamente, sin pasar por el aumento gradual de temperatura; en este caso vemos que la transición se desplazaría hacia la derecha y correspondería a los siguientes valores, como se muestra en la Figura 2:

- T = 200 MeV (2,32 10^{13} K)
- E = 3 GeV/ (c^2 x fm^3)

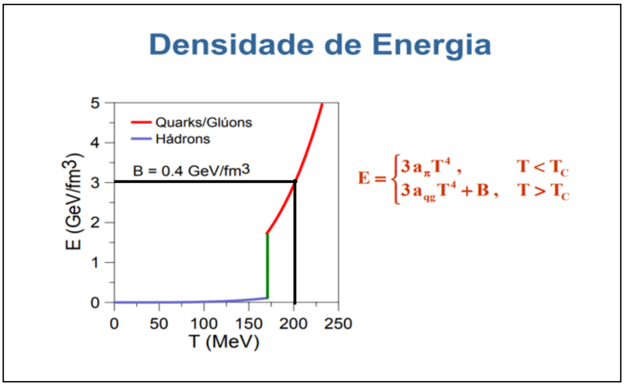


Figura 2

Considerando la Figura 2, calculemos el rango de la constante de Boltzmann entre las temperaturas 175 MeV (0,2 10^{13} K) y 870 MeV (10^{13} K).

Supongamos que la relación de densidad de energía E (GeV / fm3) vs T (MeV) es lineal.

T = 175 MeV – 0,2 10^{13} K – 3,02 10^{18} kg/m3 – KB = ?

T = 870 MeV – 10^{13} K – 1,3 10^{20} kg/m3 – KB = 1,78 10^{-43} J/K

K_B = (1,78 10^{-43} x 1,3 10^{20}) / 3,02 10^{18}, relación inversa.

K_B = 0,76 10^{-41} J/K

Calculamos para el momento en que se produce la transición y se forma el plasma de quarks-gluones:

- T = 175 MeV = 0,2 10^{13} K.
- Dε = 3,02 10^{18} kg/m^3
- K_B = 0,76 10^{-41} J/K.

Finalmente, digamos que para T = 175 MeV ocurre la transición de fase y se genera el plasma de quarks y gluones para una densidad de energía Dε = 3,02 10^{18} kg/m^3 y una constante de Boltzmann correspondiente K_B = 0,76 10 $^{-41}$ J/K. De acuerdo con el gráfico de la Figura 2, a medida que la temperatura sube por encima del valor crítico, vemos que la densidad de energía aumenta y en consecuencia, la constante de Boltzmann varía. También sabemos que para formar un agujero negro estelar en un acelerador de partículas, hay una masa crítica que debemos alcanzar o superar.

La creación de un agujero negro estelar no depende del hombre, depende de

procesos naturales, por lo que la constante de Boltzmann és única y toma el valor de K_B = 1,78 10^{-43} J/K para todos los casos.

La creación de un agujero negro en un acelerador de partículas depende del hombre, por lo que la constante de Boltzmann matematicamente puede variar desde K_B = 1,78 10^{-43} J/K hasta K_B = 3,55 10^{-55} J/K; en otras palabras, ¿desde el punto de vista de la física teórica, podemos crear agujeros negros con diferentes constantes de Boltzmann? Más adelante intentaremos responder a esta pregunta.

SIGNIFICADO DE LA MASA CRÍTICA mc

Ahora que sabemos que el cambio de fase de la materia se produce a una temperatura de 175 MeV (0,2 10^{13} K), formándose el plasma de quarks y gluones. En la Figura 1 y Figura 2, vemos que a medida que aumenta la temperatura, también lo hace la densidad de energía del plasma de quarks y gluones, variando consecuentemente la constante de Boltzmann; nos queda por preguntar, ¿cuál será la masa o la cantidad de materia necesaria para formar un agujero negro? La respuesta es la siguiente, la masa crítica para formar un agujero negro en un acelerador de partículas LHC es mc = 2,3 10^{-16} kg, es la misma para el rango de temperatura entre 10^{13} K y 5 10^{26} K.

APÉNDICE 7: CÓMO MANIPULAR LA ESTRUCTURA ESPACIO-TIEMPO EN UN AGUJERO NEGRO EN EL LHC

En este artículo desarrollaremos la teoría que nos permite manipular un agujero negro en un acelerador de partículas.

Describiremos la fórmula que nos permite calcular la masa crítica para producir un agujero negro en un acelerador de partículas:

- mc = (K_B x Tε x Rs) / G x M1
- mc = h x c / 2π x G x M1
- Esta igualdad se dá para K_B = 1,78 10^{-43} J/K

También necesitaremos la fórmula de la temperatura de la radiación de Hawking de un agujero negro:

- T= h x c^3 / (8 x π x K_B x G x M)

Recordemos que el factor de escala de la constante de Boltzmann es el instrumento que nos permite cuantizar y cuantificar el espacio-tiempo.

Calculamos para K_B = 1,78 10^{-43} J/K, a una temperatura de 10^{13} K

- mc = 13,33 10^{10} GeV/c^2, masa crítica para producir un BH no LHC.
- mc = 2,37 10^{-16} kg

a. Consideremos K_B = 1,78 10^{-43} J/K, constante.

Recordemos que el circuito eléctrico de un agujero negro es análogo a un circuito RC y que la masa de un agujero negro se puede representar por Ms = Ma - iMr.

También necesitaremos las siguientes ecuaciones:

C_G (T) = $C_G$max + (C_ε - $C_G$max) $e^{-(T/\tau)}$, $C_G$max = 3 x 10^{21} m/s para $T_G > 10^{13}$ K.

T_G (kelvin) = {(ħ x C_G^3) / (8 x π x K_{BG} x G x M)}, Temperatura Hawking de un Agujero negro.

R_S = (2 x G x M) / C_G^2, Radio de Schwarzschild

IMsI = K IMaI

IEsI = K x IEaI

K_{BG} = 1,78 10^{-43} J/k

A diferencia de un agujero negro estelar que nace con una masa equivalente a tres masas solares del colapso de una estrella, en este caso a desarrollar, consideraremos un agujero negro que nace en un acelerador de partículas LHC con una masa crítica igual a mc = 2,37 10^{-16} kg, para K_B = 1,78 10^{-43} J/K, y una temperatura de T = 10^{13} K.

Ahora, calculemos la masa y el radio de Schwarzschild, para los cuales explota el agujero negro.

Item	T	CG	C	IMaI	IMrI	IMsI	IEaI	IErI	IEsI	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabla 1

Para $T = 5\ 10^{26}$ K, $C_G = 3\ 10^{21}$ m/s

Usando la ecuación de la temperatura de la radiación de Hawking, calculemos la masa del agujero negro antes de que explote.

$M = \{(\hbar \times C_G^3) / (8 \times \pi \times K_{BG} \times G \times T)\}$

$M = 6{,}62\ 10^{-34} \times 27\ 10^{63} / 8 \times 3{,}14 \times 1{,}78\ 10^{-43} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 5\ 10^{26}$

$M = 1{,}2\ 10^{56}$ kg

$Ma = 1{,}2\ 10^{56}$ kg.

$Mr = 1{,}2\ 10^{82}$ kg

Vamos calcular el radio de Schwarzschild Rs.

$Rs = (2 \times G \times M) / C_G^2$, Radio de Schwarzschild

$Rs = 1{,}59\ 10^{30}$ m

Llegamos a ese punto y encontramos algo que no se ajusta.

Llegados a este punto, intentemos explicar la diferencia entre un agujero negro creado en un acelerador de partículas y uno creado por el colapso de una estrella. Según tengo entendido, el punto principal está centrado en la temperatura, precisamente esta definiría la estructura del espacio-tiempo y el valor que asumiría la constante de Boltzmann.

Una vez definida la cuantificación espacio-tiempo, que determinaría el valor de la constante de Boltzmann, es decir, $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, para una temperatura $t = 10^{13}$ K y mc = $2{,}37\ 10^{-16}$ kg, la creación de un agujero negro es inevitable.

Por lo tanto, podemos considerar $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, $T = 10^{13}$ K y mc = $2{,}37\ 10^{-16}$ kg como valores críticos para formar un agujero negro.

Naturalmente, cuando una estrella colapsa para formar un agujero negro, se necesita una cantidad inmensa de materia para alcanzar los valores críticos $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, $T = 10^{13}$ K y $M = 6\ 10^{30}$ kg, para formar el plasma de quarks-gluones, es decir, el agujero negro.

En un acelerador de partículas como el LHC, no se necesita la inmensa cantidad de materia como en el caso de la formación de agujeros negros estelares; en un acelerador de partículas el plasma de quarks-gluones alcanza los valores críticos de $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, $T = 10^{13}$ K y mc = $2{,}37\ 10^{-16}$ kg, con mucha menos materia, para formar un agujero negro.

Ahora la pregunta es: ¿dónde está la diferencia entre el agujero negro estelar y el agujero negro formado en el acelerador de partículas? La respuesta es la siguiente, la diferencia estaría en la cantidad de materia, en la escala.

Calculemos la diferencia de escala entre el agujero negro estelar y el micro agujero negro creado en el acelerador de partículas:

$D_{BH} = M_{BHE} / M_{LHC} = 6\ 10^{30} / 2,37\ 10^{-16} = 2,53\ 10^{46}$

- $D_{BH} = 2,53\ 10^{46}$

D_{BH}, diferencia de escala entre el agujero negro estelar y el agujero negro creado en el acelerador de partículas.

M_{BHE}, masa del agujero negro estelar.

M_{LHC}, masa del agujero negro creado em el LHC.

Considerando D_{BH}, calculemos la masa Ms = Ma - iMr, para la cual el agujero negro creado en el LHC explotaría produciendo un pequeño Big Bang (agujero blanco).

$Ma = 1,2\ 10^{56} / 2,53\ 10^{46}$

- $Ma = 0,47\ 10^{10}$ kg

$Mr = 1,2\ 10^{82} / 2,53\ 10^{46}$

- $Mr = 0,47\ 10^{36}$ kg

Ms = Ma – iMr

- $Ms = (0,47\ 10^{10} – i\ 0,47\ 10^{36})$ kg

Vamos calcular o radio de Schwarzschild Rs.

$Rs = (2 \times G \times M) / C_G^2$

$Rs = 2 \times 6,67\ 10^{-11} \times 0,47\ 10^{10} / 9\ 10^{16} = 6,26\ 10^{-1} / 9\ 10^{16}$

$Rs = 0,695\ 10^{-17} = 6,95^{-18}$ m

Este agujero negro tendría la masa de 1,000.000 de soles y sería más pequeño que un protón.

En esta sección, consideramos la constante de Boltzmann fijada en el valor $K_B = 1,78\ 10^{-43}$ J/K y variamos la temperatura y la masa hasta hacer explotar BH produciendo un Big Bang (agujero blanco) que correspondería a la expansión del espacio-tiempo.

b. Vamos considerar K_B variable.

La masa límite para formar un agujero negro estelar es $3\Theta = 6\ 10^{30}$ kg.

Vamos considerar las siguientes temperaturas:

$T = 10^{18}$ K, $T = 10^{21}$ K, $T = 10^{24}$ K e $T = 5\ 10^{26}$ K

Para cada temperatura calcularemos la constante de Boltzmann correspondiente y su respectiva masa crítica:

I. $T = 10^{18}$ K

$K_B = h \times c^3 / (8 \times \pi \times T \times G \times M)$

$K_B = 6{,}62\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 10^{18} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6\ 10^{30}$

$K_B = 178{,}74\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{37}$

$K_B = 0{,}17\ 10^{-47}$ J/K

$m_c = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$m_c = 0{,}17\ 10^{-47} \times 10^{18} \times 8{,}89\ 10^{3} / 6{,}67\ 10^{-11} \times 1 = 1{,}58\ 10^{-26} / 6{,}67\ 10^{-11}$

$m_c = 0{,}23\ 10^{-15}$ kg

$m_c = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg

II. $T = 10^{21}$ K

$K_B = h \times c^3 / (8 \times \pi \times T \times G \times M)$

$K_B = 6{,}62\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 10^{21} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6\ 10^{30}$

$K_B = 178{,}74\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{40}$

$K_B = 0{,}17\ 10^{-50}$ J/K

$m_c = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$m_c = 0{,}17\ 10^{-50} \times 10^{21} \times 8{,}89\ 10^{3} / 6{,}67\ 10^{-11} \times 1 = 1{,}58\ 10^{-26} / 6{,}67\ 10^{-11}$

$m_c = 0{,}23\ 10^{-15}$ kg

$m_c = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg

III. $T = 10^{24}$ K

$K_B = h \times c^3 / (8 \times \pi \times T \times G \times M)$

$K_B = 6{,}62\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 10^{24} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6\ 10^{30}$

$K_B = 178{,}74\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{43}$

$K_B = 0{,}17\ 10^{-53}$ J/K

$m_c = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$m_c = 0{,}17\ 10^{-53} \times 10^{24} \times 8{,}89\ 10^{3} / 6{,}67\ 10^{-11} \times 1 = 1{,}58\ 10^{-26} / 6{,}67\ 10^{-11}$

$m_c = 0{,}23\ 10^{-15}$ kg

$m_c = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg

IV. $T = 5\ 10^{26}$ K

$K_B = h \times c^3 / (8 \times \pi \times T \times G \times M)$

$K_B = 6{,}62\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 5\ 10^{26} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6\ 10^{30}$

$K_B = 178{,}74\ 10^{-10} / 5026{,}50\ 10^{45}$

$K_B = 0{,}0355\ 10^{-55}$ J/K

$K_B = 3{,}55\ 10^{-57}$ J/K

$mc = (K_B \times T\varepsilon \times Rs) / G \times M1$

$mc = 0{,}0355\ 10^{-55} \times 5\ 10^{26} \times 8{,}89\ 10^{3} / 6{,}67\ 10^{-11} \times 1 = 1{,}58\ 10^{-26} / 6{,}67\ 10^{-11}$

$mc = 0{,}23\ 10^{-15}$ kg

$mc = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg

Si la masa de un agujero negro estelar es 3Ө y variamos la temperatura de 10^{13} K a $5\ 10^{26}$ K, encontramos que la masa crítica para formar un agujero negro es igual a mc = $2{,}3\ 10^{-16}$ kg.

- mc = $13{,}33\ 10^{10}$ GeV/c^2
- mc = $2{,}3\ 10^{-16}$ kg
- Rango de temperatura: 10^{13} K hasta $5\ 10^{26}$ K
- Rango da constante de Boltzmann: $1{,}78\ 10^{-43}$ J/K hasta $3{,}55\ 10^{-57}$ J/K

Ahora consideremos la siguiente ecuación:

$C_G (T) = C_{Gmax} + (C\varepsilon - C_{Gmax})\ e^{-} (T/\tau)$, $C_{Gmax} = 3 \times 10^{21}$ m/s para $T_G > 10^{13}$ K.

T_G (kelvin) = $\{(\hbar \times C_G^3) / (8 \times \pi \times K_{BG} \times G \times M)\}$, temperatura de Hawking de un agujero negro.

$Rs = (2 \times G \times M) / C_G^2$, Radio de Schwarzschild

IMsI = K IMaI

IEsI = K x IEaI

$K_{BG} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

Estas ecuaciones nos permiten generar la Tabla 1, que representa la evolución o crecimiento del agujero negro estelar, desde que nace hasta que explota y produce el Big Bang. Todos los cálculos se realizan considerando la constante de Boltzmann $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

La pregunta es: ¿qué sucede con los agujeros negros formados en un acelerador de partículas con una constante de Boltzmann distinta de $K_B = 1,78\ 10^{-43}$ J/K?

Llevemos a cabo el siguiente razonamiento para comprender lo que realmente podría suceder en esta situación que planteamos.

Consideremos un sistema con plasma de quarks y gluones; la masa del plasma no alcanza la masa crítica, es decir, mp < mc. En este plasma, comenzamos a aumentar la temperatura hasta llegar a $T = 10^{21}$ K. Según la Figura 1, a medida que aumentamos la temperatura, la densidad de energía también aumenta (la densidad del plasma aumenta en kg/m^3), también podemos decir que la constante de Boltzmann varía y alcanza el valor de $K_B = 0,17\ 10^{-50}$ J/K.

En este punto, donde $T = 10^{21}$ K, $K_B = 0,17\ 10^{-50}$ J/K y mp < mc hacemos lo siguiente: inyectamos masa en el sistema para alcanzar o superar la masa crítica para formar un agujero negro. Dos cosas pueden sucederle a este agujero negro recién formado:

1. El agujero negro formado nace con la constante de Boltzmann $K_B = 0,17\ 10^{-50}$ J/K, una temperatura $T = 10^{21}$ K y una masa igual a mayor que $mc = 2,3\ 10^{-16}$ kg.

   La velocidad de los quarks y gluones es igual a $c = 3\ 10^{8}$ m/s

2. Cuando se forma el agujero negro, puede ocurrir lo siguiente:

- La constante de Boltzmann asume el valor $K_B = 1,78\ 10^{-43}$ J/K.
- La temperatura $T = 10^{21}$ K.
- La masa $m > mc = 2,3\ 10^{-16}$ kg.
- La velocidad de los quarks y gluones aumenta, superando la velocidad de la luz y equivalente a la temperatura según la ecuación:

$$C_G\,(T) = C_G max + (C_\varepsilon - C_G max)\ e^{-(T/\tau)},\ C_G max = 3 \times 10^{21}\ m/s \text{ para } T_G > 10^{13}\ K$$
(kelvin).

Conclusión:

Aunque hemos determinado que la constante de Boltzmann del plasma de quarks y gluones puede variar en el rango de $1,78\ 10^{-43}$ J/K a $3,55\ 10^{-57}$ J/K cuando variamos la temperatura de 10^{13} K a $5\ 10^{26}$ K; también demostramos para la creación de un agujero negro estelar y un agujero negro creado en el LHC, la constante de Boltzmann es única, $K_B = 1,78\ 10^{-43}$ J/K para una temperatura de 10^{13} K.

Considerando lo dicho y teniendo en cuenta la hipótesis planteada en el artículo escrito From Black Holes to the Big Bang que dice:

Hipótesis: cuando se forma un agujero negro, solo actúan campos de fuerza fuertes y gravitatorios, desaparecen los campos de fuerza electromagnéticos y los campos de fuerza débiles.

En mi opinión, todos los agujeros negros que se forman en el LHC tendrán una constante de Boltzmann única igual a $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, lo que nos dice que hemos alcanzado el límite de curvatura del espacio-tiempo, si continuamos aumentando la temperatura, aumentando la energía; superando este límite, generaremos masa negativa (energía negativa), lo que implicaría que la velocidad de los quarks y gluones superará la velocidad de la luz, en ese momento comenzamos a comprimir el espacio-tiempo y podemos decir que $Lp_G < Lp_\varepsilon$. Debemos recordar que Lp_ε es el cumplimiento de Planck electromagnético y Lp_G es el cumplimiento de Planck gravitacional.

Haciendo una analogía, en presencia de las cuatro fuerzas fundamentales sabemos que nunca podremos alcanzar la velocidad de la luz, podemos aumentar la energía tanto como podamos en un acelerador de partículas pero siempre queda por alcanzar el valor de la velocidad de luz; del mismo modo cuando alcancemos el valor de la constante de Boltzmann $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, aumentaremos la energía en el LHC tanto como podamos y terminaremos formando un agujero negro antes de que podamos variar significativamente la constante de Boltzmann . Para cada agujero negro, la constante de Boltzmann es única y fija y toma el valor de $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

En otras palabras, en la prueba realizada anteriormente, la opción 2 será la correcta.

- La constante de Boltzmann asume el valor $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.
- La temperatura $T = 10^{21}$ K.
- La massa $m > m_c = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg
- La velocidad de los quarks y gluones aumenta, superando la velocidad de la luz y equivalente a la temperatura según la ecuación:

$$C_G\ (T) = C_G max + (C_\varepsilon - C_G max)\ e^{-}\ (^{T}/\tau);\ C_G max = 3 \times 10^{21}\ \text{m/s para } T_G > 10^{13}\ \text{K (kelvin)}$$

Finalmente, cuando cada agujero negro producido en el LHC alcance una temperatura de $5\ 10^{26}$ K, explotará produciendo un mini Big Bang (agujero blanco), es decir,

una expansión del espacio-tiempo a una velocidad $C_G = 10^{21}$ m/s con una energía mínima de 10^6 M_Θ (masas solares).

Si conseguimos dominar la tecnología de los agujeros negros producidos en un acelerador de partículas, podremos viajar a una velocidad superior a la de la luz, aprovechando la expansión del espacio-tiempo, creando una máquina Warp Drive indicada por Miguel Alcubierre que funcionara con la masa negativa del agujero negro.

APÉNDICE 8: MATERIA OSCURA Y LA CONTRIBUCIÓN DE MCAC

En este artículo, calcularemos el efecto resultante de la masa imaginaria dentro de un agujero negro.

En el artículo "DE LOS AGUJEROS NEGROS AL BIG BANG REV 9.2" dijimos que la masa de un agujero negro está compuesta por una masa real y una masa imaginaria y la podemos escribir de la siguiente manera:

$M_{BH} = Ms = Ma - iMr$

Ma = masa real de un agujero negro.

Mr = masa imaginária de un agujero negro.

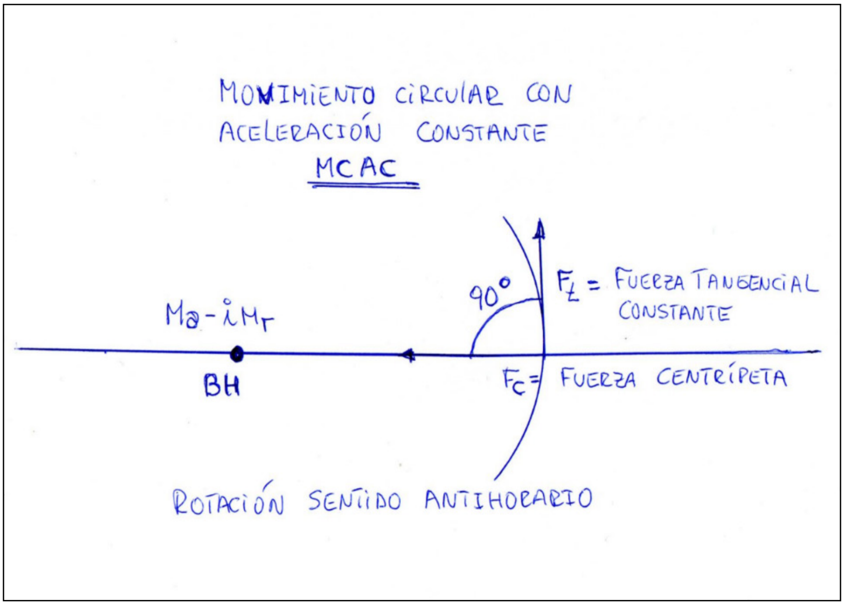


Figura 1

Si observamos la Figura 1, vemos que la fuerza tangencial Ft está 90 grados atrazada de la fuerza centrípeta Fc. En ingeniería eléctrica, cuando observamos la resistencia R y la capacitancia -iXc, vemos que el fasor -iXc se retrasa 90 grados con respecto al fasor R.

Recordemos que el diagrama eléctrico de un agujero negro equivale a una resistencia r y una capacitancia -iXc.

Asimismo, la fuerza Ft correspondería a la masa imaginaria -iMr y la fuerza Fc correspondería a la masa real Ma.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, analizaremos el efecto de la fuerza

Ft sobre el movimiento de una estrella alrededor de un agujero negro BH y finalmente, añadiremos este efecto a la suma de las contribuciones del bulbo y el disco galáctico.

MOVIMIENTO CIRCULAR CON ACELERACIÓN ANGULAR CONSTANTE (MCUV)

En el estudio del movimiento rectilíneo encontramos que la forma más simple de movimiento acelerado que es posible analizar es el movimiento bajo aceleración lineal constante. De igual modo, para el movimiento circular, el movimiento acelerado más simple que es posible analizar es el que ocurre bajo aceleración angular constante.

Desarrollaremos a continuación, relaciones cinemáticas para el **movimiento circular bajo aceleración angular constante.**

Si α es constante y distinta de cero, se trata de un **Movimiento Circular Uniformemente Variado.**

$$\alpha = k \wedge \alpha \neq 0 \Leftrightarrow MCUV$$

Si la aceleración angular es constante, su valor coincide con el de la aceleración angular media; por lo tanto podemos escribir:

$$\alpha = \alpha_m = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_o}{t - t_o}$$

Despejando ω; resulta:

$$\boxed{\omega = \omega_o + \alpha\,(t - t_o)}$$

esta fórmula permite calcular la velocidad angular en función del tiempo.

La velocidad angular media se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - \theta_o}{t - t_0}$$

Trabajando algebraicamente en forma adecuada la expresión anterior se puede escribir:

$$\omega_m = \frac{\omega_o + \omega}{2}$$

Igualando las dos expresiones anteriores y sustituyendo ω por $\omega_0 + \alpha(t - t_0)$, obtenemos:

$$\theta = \theta_o + \omega_o(t - t_o) + \frac{1}{2}\alpha\,(t - t_o)^2$$

Si en la fórmula anterior reemplazamos (t–t_o) por $\frac{\omega - \omega_0}{a}$ y trabajamos algebraicamente, obtenemos:

$$\omega^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\,(\theta - \theta_o)$$

Esta expresión permite calcular la velocidad angular en función de la posición angular o del desplazamiento angular.

Si aceptamos como condición inicial del movimiento que $t_o = 0$, todas las ecuaciones recién vistas adoptan una forma más simplificada:

$$\omega = \omega_o + \alpha t$$
$$\Delta\theta = \omega_o t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$
$$\omega^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\Delta\theta$$

Observe que estas expresiones para el movimiento circular con aceleración angular constante son de la misma forma que las correspondientes al movimiento lineal con aceleración constante con las siguientes sustituciones:

x - - - - - - - - - > θ

v - - - - - - - - - > ω

a - - - - - - - - - > α

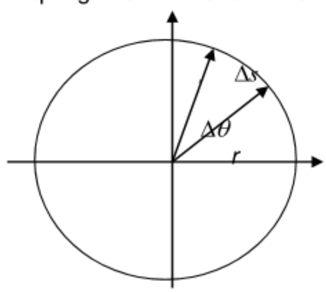
Si α **es constante e igual a cero** el movimiento recibe el nombre de **Movimiento Circular Uniforme**; las ecuaciones del movimiento circular uniformemente variado, con $\alpha = 0$, adoptan la forma:

$$\boxed{\begin{array}{l} \omega = \omega_o = constante \\ \Delta\theta = \omega t \end{array}} \quad \Leftrightarrow \quad MCU$$

RELACIONES ENTRE MAGNITUDES ANGULARES Y LINEALES

En esta sección deduciremos algunas relaciones útiles entre las variables angulares y las variables lineales que describen el movimiento circular de una partícula.

Consideremos una partícula P que gira en una circunferencia de radio r



En un tiempo t recorre el arco Δs, el ángulo central correspondiente a dicho arco es el desplazamiento angular $\Delta\theta$ que expresado en radianes es

$$\Delta\theta = \frac{\Delta s}{r}$$

Esta expresión nos permite establecer relación entre la longitud del arco y el desplazamiento angular

$$\boxed{\Delta s = r\Delta\theta}$$

De las definiciones de v y de ω resulta:

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{r\Delta\theta}{\Delta t} = r \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = r\omega$$

Esta expresión nos permite establecer relación entre la velocidad lineal y la velocidad angular

$$\boxed{v = r\omega}$$

Igualmente resulta:

$$\boxed{a_t = r\alpha}$$

Concluimos que $\Delta s, v, a_t$ (variables lineales) se vinculan con $\Delta\theta, \omega, \alpha$ (variables angulares) a través de las expresiones sencillas siguientes:

$$\Delta s = r\Delta\theta$$
$$v = r\omega$$
$$a_t = r\alpha$$

En todos los casos las variables angulares se expresan en radianes.

Considerando la relación $v = r\omega$, la expresión para la aceleración centrípeta adopta la forma:

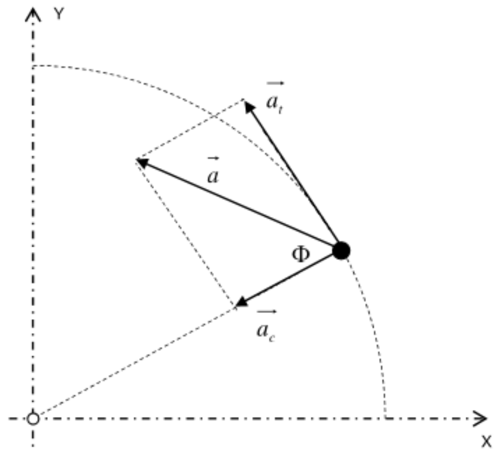
$$\boxed{a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2}$$

Considerando la relación $v = r\omega$, la expresión para la aceleración centrípeta adopta la forma:

$$\boxed{a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2}$$

Recordando que $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_c$, resulta:

$$\boxed{a = r\sqrt{\alpha^2 + \omega^4} \qquad ; \qquad \operatorname{tg}\phi = \frac{\alpha}{\omega^2}}$$



Si observamos la figura 1, supondremos que la fuerza Ft es constante, porque el cambio en la masa del agujero negro no es significativo, por lo tanto, consideramos la fuerza Ft constante. Esta suposición convierte el análisis en un movimiento circular con aceleración angular constante MCAC.

Habiendo analizado el MCAC, hemos encontrado la relación más importante para nuestros cálculos de una estrella que orbita un agujero negro.

$$\boxed{v = r\omega}$$

Esta relación nos dice que la velocidad tangencial es proporcional al radio multiplicado por la velocidad angular promedio.

Finalmente, describiremos la contribución de todas las fuerzas que intervienen para determinar la velocidad de rotación de una galaxia.

Recordemos que la masa de un agujero negro es Ms = Ma - iMr

Debemos aclarar que las fuerzas y las velocidades son magnitudes vectoriales:

$FB + FD + FMr = (Ma / R) \times (VB^2 + VD^2) + Mr\, dv/dt$

$FB + FD + FMr = (Ma/R) \times (VB^2 + VD^2) + Mr \times R \times (d\omega/dt)$, ecuación general.

$FB + FD + FMr = (Ma/R) \times (VB^2 + VD^2) + K \times Mr \times R$, k una constante en un determinado intervalo.

FB = fuerza del bojo o núcleo galáctico.

FD = fuerza del disco galáctico.

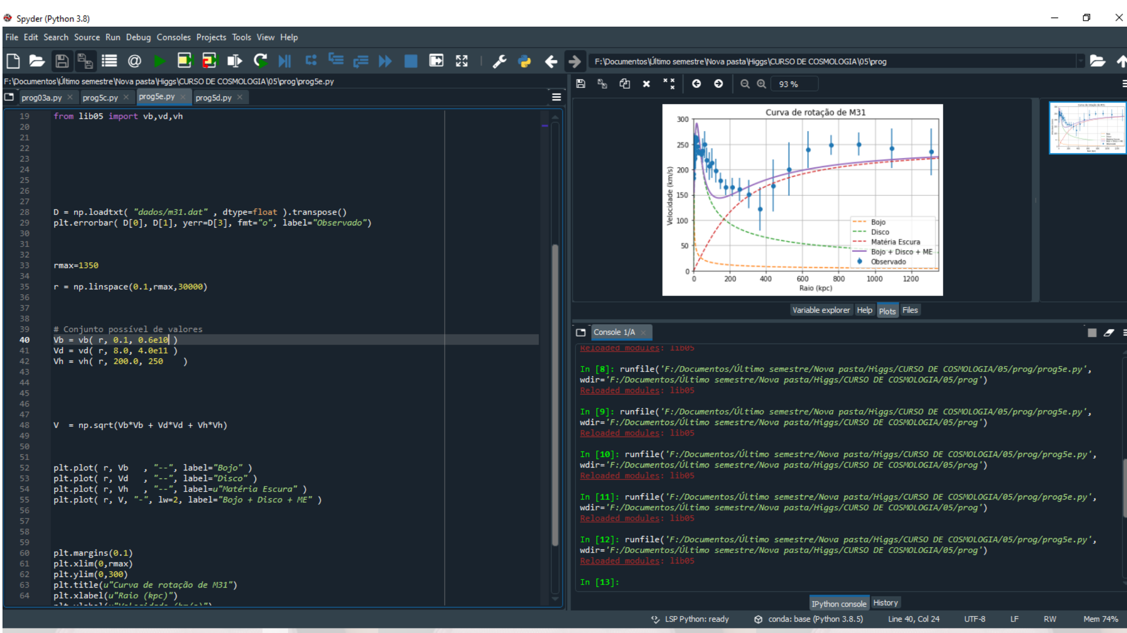
FMr = Fuerza de la massa imaginária dentro de un agujero negro.

R = radio de la galáxia Andromeda.

I. ANÁLISIS TEÓRICO PARA EL CÁLCULO DE MATERIA OSCURA EN EL CURSO DE COSMOLOGÍA 1

Valor de los parámetros utilizados en Python.

```
# Conjunto possível de valores
Vb = vb( r, 0.1, 0.6e10 )
Vd = vd( r, 8.0, 4.0e11 )
Vh = vh( r, 200.0, 250    )
```



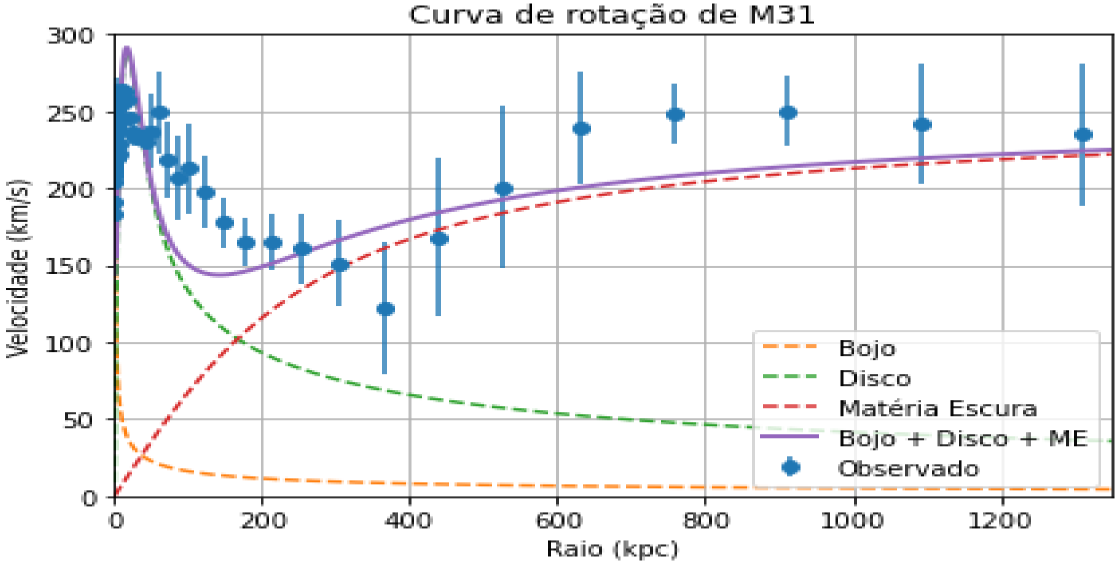
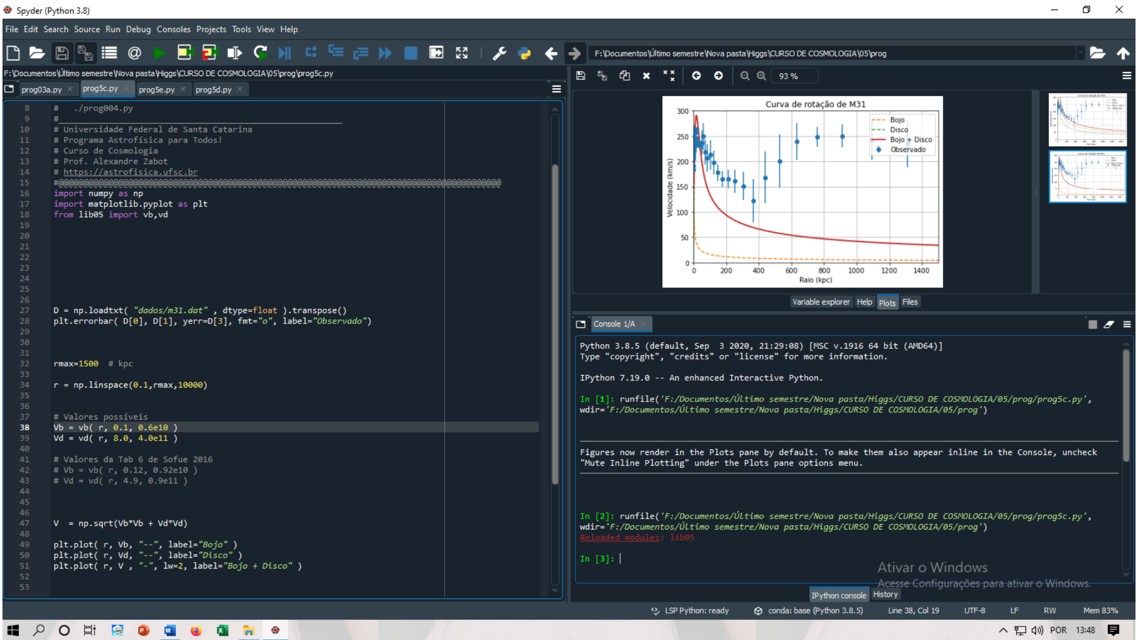


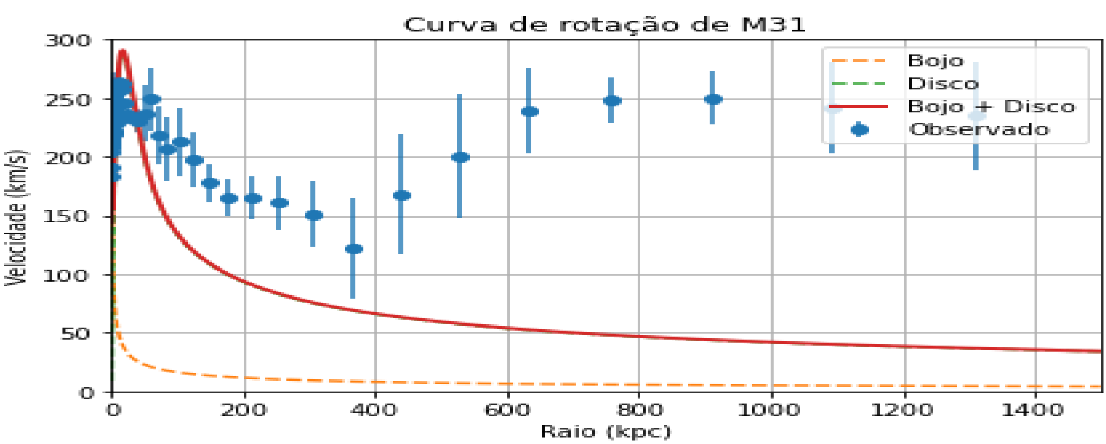
Figura 2

II. ANÁLISIS TEÓRICO CONSIDERANDO QUE EL AGUJERO NEGRO ESTÁ COMPUESTO POR LA MASA Ms = Ma - iMr, ES DECIR QUE EXISTE UNA FUERZA TANGENCIAL Ft Y PODEMOS CONSIDERAR UNA MCAC Y QUE LA RELACIÓN V = Rω SE CUMPLE.

Valor de los parámetros utilizados en Python.

```
# Valores possíveis
Vb = vb( r, 0.1, 0.6e10 )
Vd = vd( r, 8.0, 4.0e11 )
```


Spyder (Python 3.8)
File Edit Search Source Run Debug Consoles Projects Tools View Help
F:\Documentos\Último semestre\Nova pasta\Higgs\CURSO DE COSMOLOGIA\05\prog\prog5c.py
prog03a.py prog5c.py prog5e.py prog5d.py
./prog004.py
#
Universidade Federal de Santa Catarina
Programa Astrofísica para Todos!
Curso de Cosmologia
Prof. Alexandre Zabot
https://astrofisica.ufsc.br
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from lib05 import vb,vd
D = np.loadtxt("dados/m31.dat" , dtype=float).transpose()
plt.errorbar(D[0], D[1], yerr=D[3], fmt="o", label="Observado")
rmax=1500 # kpc
r = np.linspace(0.1,rmax,10000)
Valores possíveis
Vb = vb(r, 0.1, 0.6e10)
Vd = vd(r, 8.0, 4.0e11)
Valores da Tab 6 de Sofue 2016
Vb = vb(r, 0.12, 0.92e10)
Vd = vd(r, 4.9, 0.9e11)
V = np.sqrt(Vb*Vb + Vd*Vd)
plt.plot(r, Vb, "--", label="Bojo")
plt.plot(r, Vd, "--", label="Disco")
plt.plot(r, V , "-", lw=2, label="Bojo + Disco")
F:\Documentos\Último semestre\Nova pasta\Higgs\CURSO DE COSMOLOGIA\05\prog
93 %
Curva de rotação de M31
Bojo
Disco
Bojo + Disco
Observado
Velocidade (km/s)
Raio (kpc)
Variable explorer Help Plots Files
Console 1/A
Python 3.8.5 (default, Sep 3 2020, 21:29:08) [MSC v.1916 64 bit (AMD64)]
Type "copyright", "credits" or "license" for more information.
IPython 7.19.0 -- An enhanced Interactive Python.
In [1]: runfile('F:/Documentos/Último semestre/Nova pasta/Higgs/CURSO DE COSMOLOGIA/05/prog/prog5c.py', wdir='F:/Documentos/Último semestre/Nova pasta/Higgs/CURSO DE COSMOLOGIA/05/prog')
Figures now render in the Plots pane by default. To make them also appear inline in the Console, uncheck "Mute Inline Plotting" under the Plots pane options menu.
In [2]: runfile('F:/Documentos/Último semestre/Nova pasta/Higgs/CURSO DE COSMOLOGIA/05/prog/prog5c.py', wdir='F:/Documentos/Último semestre/Nova pasta/Higgs/CURSO DE COSMOLOGIA/05/prog')
Reloaded modules: lib05
In [3]:
Ativar o Windows
Acesse Configurações para ativar o Windows.
IPython console History
LSP Python: ready
conda: base (Python 3.8.5)
Line 38, Col 19
UTF-8
LF
RW
Mem 83%
POR 13:48


Curva de rotação de M31
Bojo
Disco
Bojo + Disco
Observado
Velocidade (km/s)
Raio (kpc)
0
50
100
150
200
250
300
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

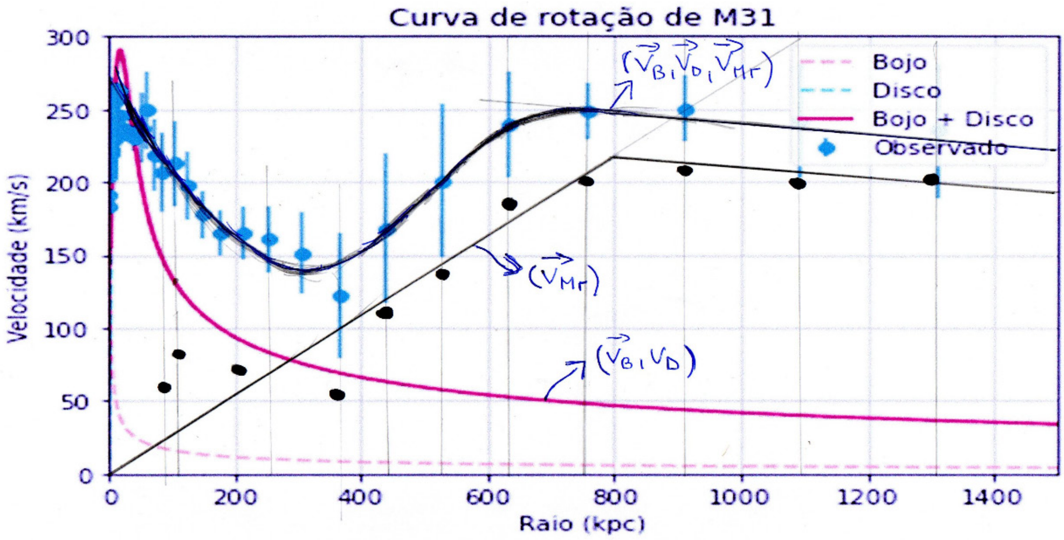


Figura 3

Comentários:

Veamos la Figura 2 y la Figura 3, ambas son el resultado de dos métodos diferentes, que intentan explicar la materia oscura. Las aproximaciones de ambos métodos son buenas.

Si observamos la Figura 3, considerando la relación v = rω, vemos que la frecuencia angular media ω se mantiene constante hasta aproximadamente 700 Kpc, a partir de este valor por efecto de la fuerza Ft que empieza a disminuir, la velocidad angular media ω también comienza a disminuir.

Si calculamos la velocidad angular media, el resultado aproximado es:

ω = 9,18 10^{-18} rad/s, para 600 Kpc e 170 km/s.

ω = 8,9 10^{-18} rad/s, para 200 Kpc e 55 km/s

Los valores de ω fueron calculados de la figura 3 a simple vista, y sirve para tener una idea aproximada de cuanto seria el valor de la velocidad angular promedio en la pendiente de la recta.

Si recordamos la siguiente fórmula:

2 x π x f = ω

T = (2 x π) /ω; T es el período de rotación de la galaxia.

Si calculamos el periodo de rotación de la galaxia T, para los valores de ω = 9,18 10^{-18} rad/s y ω = 8,9 10^{-18} rad/s, el valor calculado es del orden de T = 1,000 millones años y este valor coincide con los calculados por los científicos según el siguiente archivo de

internet.

https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/descubren-que-todas-las-galaxias-del-universo-giran-como-un-reloj-561521191323

- Otra observación importante, la pendiente de la contribución de la fuerza tangencial Ft, dependerá de la cantidad de materia Mr dentro del agujero negro, a medida que aumenta la masa Mr, la fuerza Ft aumentará y a su vez aumentará la inclinación de la pendiente

- También se observa que hasta 400 Kpc es más importante la contribución del núcle(bojo) y del disco; a partir de 400 Kpc la contribución de la masa imaginaria Mr se vuelve dominante.

- La masa del agujero negro supermasivo en el centro de Andrómeda es aproximadamente 6 veces mayor que la masa del disco, la masa real Ma (núcleo o bojo) produce una fuerza central dirigida hacia el centro del agujero negro y la masa imaginaria -iMr produce una fuerza tangencial que hace girar el agujero negro en sentido contrario a las agujas del reloj; el giro será arbitrario y dependerá de dónde se observe.

- En los agujeros negros estelares, la diferencia entre la masa real Ma y la masa imaginaria Mr es muy pequeña, de hecho, la única vez que la masa imaginaria Mr = 0 es cuando se forma el agujero negro estelar 3MΘ.

En los agujeros negros supermasivos, la diferencia de masa es muy grande, la masa real Ma se vuelve insignificante en comparación con la masa imaginaria Mr.

Ejemplo:

Em el articulo, *De los agujeros Negros al Big Bang Rev 9.2*, calculamos los seguintes valores para la Via Láctea:

Ma = 4,5 10^6 MΘ = 8,1 x 10^{36} kg; masa real o masa ordinária dentro del BH.

Mr = 9,54 10^{41} kg; masa imaginária dentro del BH.

MD = 1,7 10^{41} kg; masa del disco galáctico.

Se observa que la masa imaginaria Mr es aproximadamente 5,6 veces mayor que la masa del disco MD. Esto no se aprecia en la figura 4, pero si conseguimos ampliar el radio a valores de 500 Kpc, seguro que se percibe más claramente la diferencia.

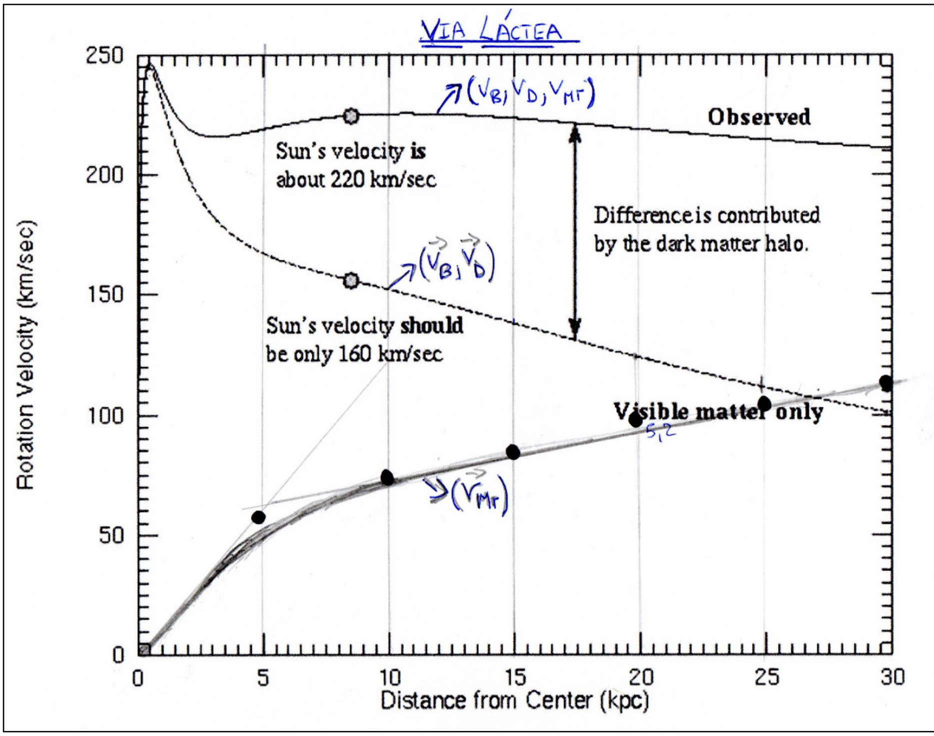


Figura 4 – Materia imaginaria Mr en la Vía Láctea.

Cuando miramos la Figura 4 vemos que la pendiente de la recta no parte del origen, posiblemente se deba a errores grandes en la proximidad del origen del agujero negro; ahora bien, si consideramos una distancia de 500 Kpc es muy probable que alcancemos que la pendiente comience en el origen, cumpliendo la relación $v = r\omega$ como en la Figura 3. En la Figura 3 también vemos las discrepancias de datos alrededor del origen de las coordenadas cercanas al Agujero Negro.

- La cantidad de materia oscura Mr, dependerá del tiempo, es de esperar que la misma galaxia de hace 10 mil millones de años gire más lentamente porque la cantidad de materia oscura MR, sería menor. Esto se trata en los siguientes artículos en Internet.

  https://astrobitos.org/2017/05/18/rotando-sin-materia-oscura-curvas-de-rotacion-del-pasado-distante/

  https://www.eso.org/public/brazil/videos/eso1709c/

- Es importante aclarar lo siguiente, cuando medimos o calculamos la masa de un agujero negro supermasivo usando las ecuaciones de la relatividad general,

nuestros cálculos nos dan la masa Ma y no la masa total del agujero negro Ms; esto se debe a que solo se tiene en cuenta la contribución de la fuerza F_G al centro del agujero negro y no se tiene en cuenta la fuerza tangencial de la masa imaginaria Mr. Para calcular la masa total del agujero negro supermasivo Ms = Ma - iMr, es necesario referirse al método utilizado en el artículo "DE LOS AGUJEROS NEGROS AL BIG BANG REV 9.2".

AGUJERO NEGRO SONICO, MATERIA OSCURA Mr Y EL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Vamos a referirnos a una parte del artículo del científico israelí Jeff Steinhauer titulado:

Spontaneous Hawking radiation and beyond: Observing the time evolution of an analogue black hole.

An analogue black hole in a Bose-Einstein condensate has regions of subsonic ($v < c$) and

supersonic ($v > c$) flows separated by the horizon ($v = c$), as illustrated in Fig. 5. The subsonic region supports escaping Hawking radiation, as seen in the dispersion relation of Fig. 5a, and is thus the outside of the analogue black hole. The supersonic region traps the partner modes seen in Fig. 5b, and is therefore the inside of the analogue black hole.

Spontaneous Hawking radiation occurs in the absence of incoming particles impinging on the horizon. According to Hawking's calculation, the horizon of a black hole should spontaneously emit pairs of particles as illustrated in Fig. 5c. The Hawking particle HR exits the black hole with frequency ω and energy ħω. The partner particle P falls into the black hole with the same frequency but negative energy. Figs. 1a and 1b show the dispersion relation outside and inside the analogue black hole. The Hawking and partner modes are indicated by circles. According to the group velocity ∂ω⁄∂k, they are both outgoing from the horizon. The population of the modes is given by the thermal distribution 1⁄(eħω⁄kBTH – 1), where the Hawking temperature is given by the surface gravity. In the analogue case,

kBTH = 2ħπ (dxdv + dc dx) lhorizon (1)

We see that the flow velocity v(x) and the speed of sound c(x) play the role of the metric, and their derivatives at the horizon are the analogue of the surface gravity. Unless otherwise specified, x is given in units of the healing length ξ = ħ⁄mc where m is the atomic mass and c is the geometric average of the speeds of sound outside and inside the

analogue black hole. Eq. 1 implies that the spatial width of the horizon region sets a length scale for the wavelength of the Hawking radiation. This wavelength gives the predicted Hawking temperature. A similar situation should apply to a real non-extremal black hole. The diameter of the black hole sets the length scale for the horizon region and thus determines the predicted wavelength of the Hawking radiation.

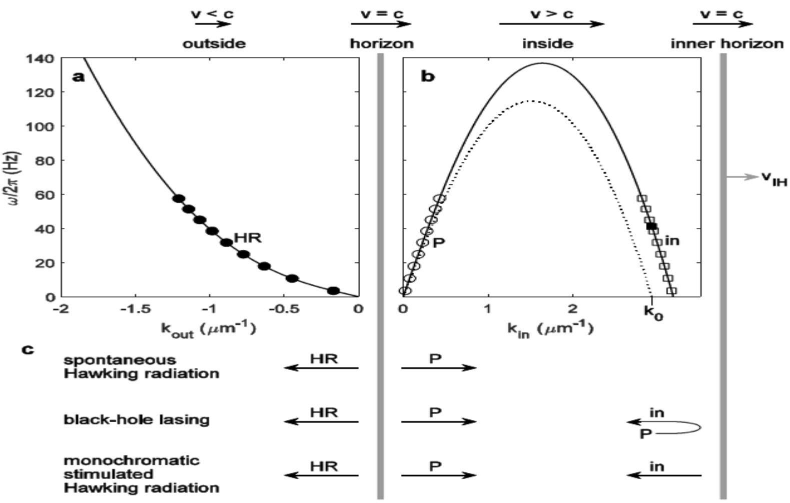


Figura 5C

Fig. 5C. Spontaneous versus stimulated Hawking radiation. a. The dispersion relation outside the analogue black hole. The values for a time of 312 ms are shown. Various outgoing Hawking modes are schematically indicated by circles. b. The dispersion relation inside the analogue black hole. The outgoing partner modes of the Hawking radiation are indicated by circles. The modes incoming to the horizon are indicated by squares. The dotted curve indicates the dispersion relation in the reference frame of the inner horizon. It has a zero-frequency mode at k0. c. The various phenomena. For spontaneous Hawking radiation, there are no incoming modes from either side of the horizon. In black-hole lasing, The partners "P" are reflected from the inner horizon and become incoming modes "in". In monochromatic stimulation, incoming modes are produced at the inner horizon with a well-defined energy.

Si hacemos una analogía entre un agujero negro real y un agujero negro sónico, consideraremos que un agujero negro real se comporta de manera análoga a un agujero negro sónico que produce Radiación Hawking Espontánea. Según los cálculos de Hawking, el horizonte de eventos de un agujero negro debería emitir pares de partículas, como se muestra en la Figura 5c. La partícula HR debe partir del horizonte de sucesos con una frecuencia ω y una energía hω; la partícula P caería en el agujero negro con la misma

frecuencia ω, pero con energía negativa -hω.

Ahora analicemos las consecuencias de la afirmación presentada:

- En nuestro modelo RLC del universo, dijimos que la masa de un agujero negro está dada por la siguiente ecuación, Ms = Ma - iMr; es decir, hay un componente de masa real y un componente de masa imaginario, por lo que también podemos decir que un agujero negro está formado por un componente de energía real y un componente de energía imaginario.

I. En la primera opción que vamos a analizar, la partícula HR (materia), de frecuencia ω y energía hω, cae en el agujero negro y se suma a Ma y Mr, aumentando la masa del agujero negro, es decir añade masa. Esto significa que el agujero negro está en constante crecimiento, siempre en crecimiento.

   La partícula P(antimateria), de frecuencia ω y energía -hω, se aleja del agujero negro en forma de onda gravitacional.

II. La segunda opción no es válida. La partícula HR debe partir del horizonte de sucesos con una frecuencia ω y una energía hω; la partícula P caería en el agujero negro con la misma frecuencia ω, pero con energía negativa -hω.

Si consideramos la paradoja de la información, la única solución válida estaría dada por la opción i), en la que habría que agregar la materia que ingresa al agujero negro, esto implicaría que el agujero negro a través de este proceso siempre estaría creciendo hasta alcanzar un punto en que explota y produce un Big Bang; así resolvería la paradoja de la información.

- Cálculo de la frecuencia ω,f producida por la radiación de Hawking utilizando el factor de escala de la constante de Boltzmann.

*Buraco negro SagitárioA**

M = 9,54 10^{41} kg, ver artículo: De los agujeros negros al Big Bang Rev 9.2*

Rs = 6 10^{9} m*

La emisión de una onda de frecuencia ν está asociada con fenómenos con una energía típica

$$E = h\nu$$

donde $h \approx 10^{-15}$ eV s es la *constante de Planck*. Asociada con esta energía hay una temperatura

$$k_B T = h\nu$$

Donde $k_B \approx 10^{-4}$ eV K^{-1} es la constante de Boltzmann

Calculemos la frecuencia característica de Sagitario A*.

$E_G = K_{BG}$ x T_G = 1,78 10^{-43} x 3 10^{14} = 5,34 10^{-29} J

E_G = 5,34 10^{-29} J, energia del gravitón.

E_G = 3,33 10^{-10} eV

E_G = h x f_G; f_G = E_G / h = 5,34 10^{-29} / 6,62 10^{-34} = 0,80 10^{5} = 8,0 10^{4} Hz

- f_G = 80.000 Hz; frecuencia característica estacionaria.
- λ_G = 1,28 10^{6} m; longitud de onda característica.

APÉNDICE 9: DESCUBRIENDO EL INTERIOR DE LOS AGUJEROS NEGROS.

a. PLASMA DE QUARKS Y GLUONES - CONFINAMIENTO

El plasma de quarks y gluones se crea en colisiones de partículas RHIC o LHC, colisionando partículas de oro o plomo a velocidades relativistas con energías del orden de Tera electron-voltios. El plasma de quarks-gluones es un líquido perfecto y su temperatura es del orden de 10^{12} kelvin.

La temperatura generada en estas colisiones es tan alta que los quarks y gluones que estaban confinados dentro de los protones y neutrones en los núcleos atómicos se separan y por un corto tiempo, se mueven libremente.

Los quarks y los gluones tienen una propiedad llamada confinamiento y en condiciones normales de temperatura, forman protones y neutrones (bariones). Esto significa que si consideramos el color de los quarks (rojo, verde o azul), siempre deben formar estados de color blanco y no pueden escapar de la bola de neutrones o protones, es decir, están confinados.

Los estados blancos también se pueden formar con un quark y un antiquark, llamados mesones.

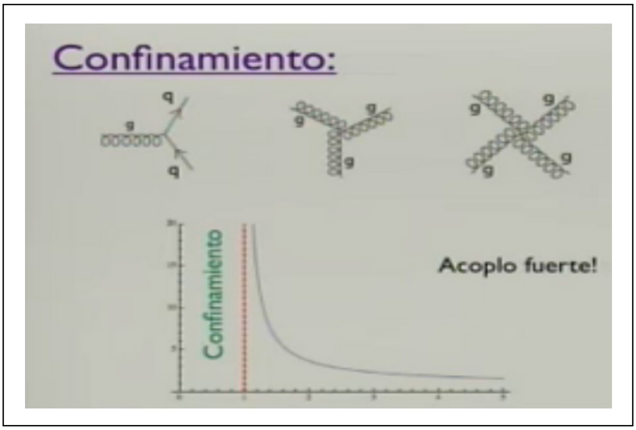


Figura 1

El confinamiento nos dice que la fuerza de interacción experimentada por los quarks es una función de la energía. Si observamos la Figura 1, vemos que a muy alta energía, la interacción entre quarks y gluones es muy débil, un acoplamiento débil. Ahora, si observamos la Figura 1 nuevamente, a baja energía la interacción es fuerte, los quarks

no pueden escapar del confinamiento porque la interacción de los quarks y los gluones es fuerte, un acoplamiento fuerte.

ANÁLISIS DE UN QUARK AISLADO

Veamos qué sucede si dejamos caer un quark en el vacío cuántico. Sabemos que los gluones tienen cargas, son dipolos coloreados cargados, son portadores de la fuerza fuerte.

Ahora bien, si lanzamos un quark y un gluon al vacío cuántico, observamos que el gluon está orientado con la misma carga de color en la dirección de los quarks, esto se llama antipantallamiento, como se muestra en la Figura 2, esto provoca que aumente la fuerza del quark.

Este es un fenómeno similar al paramagnetismo, por lo que el vacío cuántico de la teoría del color se considera un vacío paramagnético, como se muestra en la Figura 3.



Figura 2

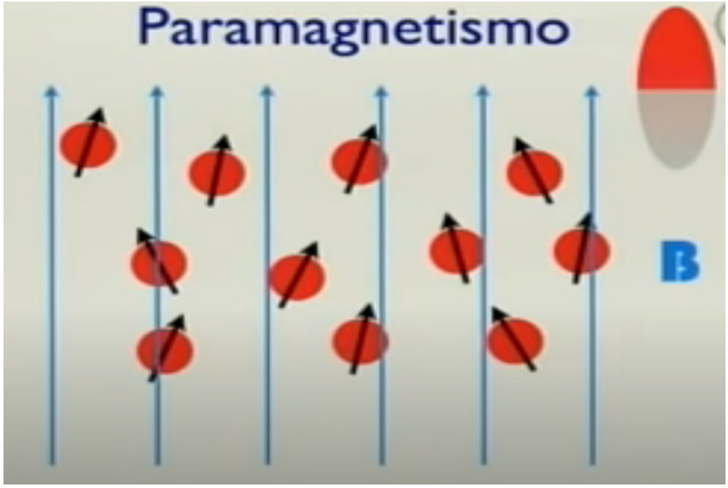


Figura 3

Entonces, cuando arrojamos un quark al vacío, los gluones comienzan a acumularse, formando una cascada infinita con energía infinita. Un quark aislado tiene energía infinita, como se muestra en la Figura 4.

Esto explicaría por qué en la naturaleza los quarks no se encuentran en estado aislado, a excepcion del interior de un agujero negro.



Figura 4 – Quark aislado con energía infinita.

Vamos a representar la intensidad de la fuerza de los quarks libres en función de la

distancia.

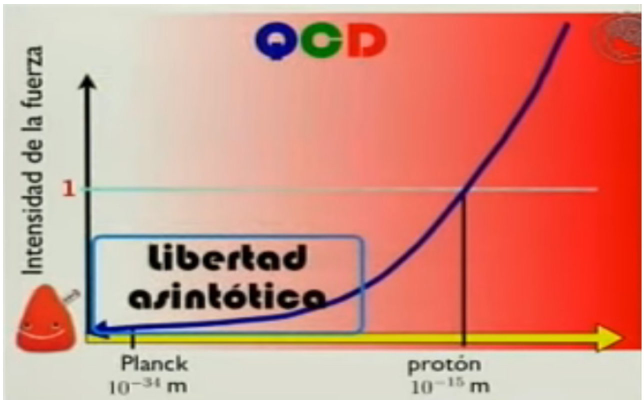


Figura 5

Cuando los bariones que componen la materia que conocemos alcanzan un límite de temperatura y densidad de energía, la temperatura de Hagedorn, se produce un cambio de fase en la materia, los quarks y gluones de su interior dejan de pertenecer a los núcleos de protones y neutrones, comienzan a moverse libremente, aislados, ya no están confinados, formando un plasma de quarks y gluones. Si seguimos aumentando la temperatura y la densidad de energía, llegamos a otro umbral crítico Tc, en el que el plasma de quarks y gluones, un superfluido en su conjunto, se comporta como un quark aislado cuyos gluones empiezan a apilarse prolijamente formando una cascada de energía infinita, como se muestra en la Figura 4, es decir, se origina un agujero negro, lo que lo convierte en el estado más energético de la materia existente, con energía casi infinita.

CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN

En la mecánica cuántica, todas las partículas tienen una onda asociada y a temperatura normal esta onda es muy pequeña, mucho más pequeña que la distancia típica entre los átomos de un gas, pero a medida que la temperatura disminuye, la longitud de onda aumenta. Por debajo de una temperatura crítica, las ondas de partículas comienzan a superponerse e interactuar, interfiriendo y formando una onda conjunta. Esto es lo que se llama un condensado de Bose-Einstein, un estado donde los átomos actúan juntos, coherentemente, con una sola función de onda para todos los átomos, donde las propiedades de onda cuántica de la materia son visibles y ya no podemos hablar de átomos

individuales, sino del todo como un único átomo; como un gran átomo.

Esto se puede entender de la siguiente manera: en un sistema físico, las partículas se pueden establecer en varios niveles de energía, niveles discretos, a cierta temperatura, los átomos se distribuyen aleatoriamente entre todos los niveles de energía disponibles. Ahora bien, si disminuyo la temperatura, los niveles discretos de energía disponible bajan, por lo que se toman los niveles de energía más bajos. Si la temperatura es demasiado baja, pasando un umbral crítico, solo se dispone del nivel mínimo de energía, el nivel fundamental. Aquí aclaramos que los Bosones se caracterizan todos por poder ocupar el mismo nivel de energía, el fundamental; entonces se vuelven indistinguibles, se comportan como un solo átomo, un gran átomo, y sus propiedades cuánticas se vuelven macroscópicas, visibles.

CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN Y EL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Escribamos la ecuación que define la temperatura crítica Tc, para producir un condensado de Bose-Einstein.

$$T_c = \left(\frac{n}{\zeta(3/2)}\right)^{2/3} \frac{h^2}{2\pi m k_B}$$

onde:

- T_c é a temperatura crítica,
- n a densidade da partícula,
- m a massa por bóson,
- h a constante de Planck,
- k_B a constante de Boltzmann, e
- ζ a função zeta de Riemann; $\zeta(3/2) \approx 2{,}6124$.

Si calculamos Tc para $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K, tenemos que Tc es aproximadamente:

- **Tc = 170 10^{-9} K**, temperatura crítica aproximada del condensado de Bose-Einstein para bajas temperaturas, con átomos de rubidio.

Ahora, calculemos Tc considerando $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K:

- **Tc = 170 10^{-9} K / 1,78 10^{-20} = 0,95 10^{13} K**, Temperatura crítica aproximada del condensado de Bose-Einstein para altas temperaturas con átomos de rubidio.

Para una temperatura de aproximadamente 0,95 10^{13} K, en un plasma de quarks y gluones, se produce una transición de fase que da lugar a un condensado Bosónico-Fermiónico, a altas temperaturas, que se caracteriza por ser muy energético.

Un agujero negro es un plasma de quarks y gluones, un superfluido o un supersólido, que forma un condensado bosónico-fermiónico de alta temperatura, caracterizado porque la materia se encuentra en su estado de máxima energía, es decir, en su conjunto se comporta como un quark aislado.

Es importante ver que hay dos temperaturas críticas Tc, una para baja temperatura, Tcmin = 170 10^{-9} K, energía mínima; y otra para el plasma de quarks y gluones de altas temperaturas, Tcmax = 0,95 10^{13} K, energía máxima y están determinados por el valor que toma la constante de Boltzmann, es decir, por el grado de curvatura de la estructura espacio-tiempo.

Regimen perturbativo, K_B = 1,38 10^{-23} J/K.

Transição de regimen perturbativo – não perturbativo, 1,38 10^{-23} J/K > K_B > 1,78 10^{-43} J/K.

Regimen não perturbativo, K_B = 1,78 10^{-43} J/K.

Es muy importante aclarar que los fermiones se rigen por la ley de Fermi-Dirac y los bosones por la ley de Bose-Einstein.

En analogía con las propiedades de los materiales a muy bajas temperaturas, los superfluidos y la superconductividad; el plasma de quarks y gluones logra propiedades exóticas similares, pero no con átomos y moléculas como normalmente conocemos; estas propiedades se logran para el plasma de quarks y gluones, para los quarks y gluones, un superfluido o supersólido, cuya propiedad principal hace que este líquido o sólido se comporte como quarks aislados, permitiendo que los gluones se apilen prolijamente en una cascada infinita de energía, convirtiéndola en la materia más energética del universo. También decíamos que los quarks son fermiones y los gluones son bosones, pero en los agujeros negros, por analogía con lo que ocurre con los materiales superconductores y superfluidos y supersólidos, el plasma de quarks y gluones en su conjunto actúa como un condensado de Bose-Einstein, como un solo átomo cuyas propiedades macroscópicas son únicas para todo el superfluido o supersólido.

En la Figura 4, podemos ver la representación de un agujero negro, la materia más energética de todo el universo. Podemos ver que esta figura representa un quark en el que los gluones se apilan en una cascada ordenada aumentando la energía de los quarks, lo que se denomina antiapantallamiento. También podemos decir que este sistema así formado no es estático, sino que gira en sentido antihorario y genera dos fuerzas; una

fuerza central Fc, hacia el interior del agujero negro y una fuerza tangencial Ft en sentido antihorario, en analocia a un circuito RC.

Para un agujero negro de 3MΘ, tres masas solares, en el interior de un agujero negro la velocidad de los quarks y gluones es igual a C = 300.000 km/s y esta es la única situación en la que la fuerza tangencial Ft = 0. A medida que crece el agujero negro, la fuerza tangencial es distinta de cero Ft ≠ 0, por lo que en este caso la fuerza neta sobre un agujero negro vendrá dada por la suma vectorial de la fuerza Fc y la fuerza Ft. El crecimiento de la fuerza tangencial Ft es el resultado de que la velocidad de los quarks y gluones en el interior de un agujero negro es mayor que la velocidad de la luz en el vacío, C > 300.000 km/s.

Nuevamente, repitamos, dentro de un agujero negro no hay campos de fuerza electromagnéticos y campos de fuerza débiles; esto permite que la velocidad de los quarks y gluones sea mayor que la velocidad de la luz C > 300.000 km/s.

b. ANÁLISIS DEL PLASMA DE QUARKS-GLUONES Y SU RELACIÓN CON LOS AGUJEROS NEGROS

IV. Método 1: Cambio de fase de la materia, temperatura de Hagedorn.

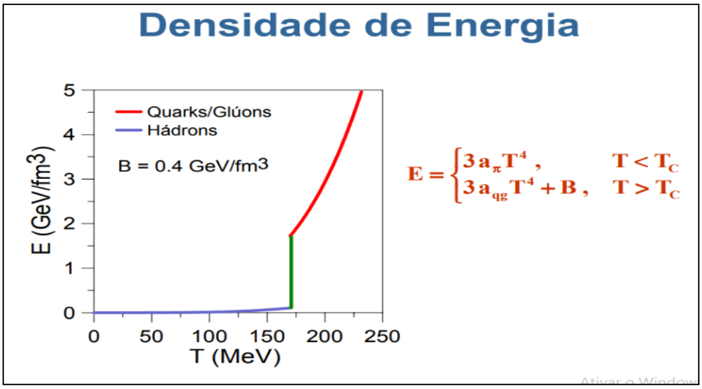


Figura 6

Para una temperatura de 175 MeV, que corresponde a T = 0,2 10^{13} K, se produce un cambio de fase en la materia, creando un plasma de quarks y gluones.

Dε = 1,7 GeV / fm^3

Dε = 1,7 GeV 10^{45} GeV/ C^2 x m^3

Dε = 1,7 x 1,78 x 10^{45} x 10^{-27} kg/m^3

$D\varepsilon = 3{,}02\ 10^{18}$ kg /m3, densidad aproximada del plasma de quarks y gluones.

V. Método 2: Cálculo de la densidad de un agujero negro considerando Lc (longitud característica).

$Lc = G \times M / c^2$, longitud característica.

$Lc = 6{,}67\ 10^{-11} \times 6\ 10^{30} / 9\ 10^{16} = 40{,}02\ 10^{19} / 9\ 10^{16}$

$Lc = 4{,}44\ 10^{3}$ m

$R = Lc / 2$

- $R = 2{,}22\ 10^{3}$ m

$D\varepsilon = m / v$

$D\varepsilon = 6\ 10^{30} / 1{,}33 \times 3{,}14 \times 10{,}94\ 10^{9} = 6\ 10^{30} / 45{,}68\ 10^{9}$

$D\varepsilon = 0{,}1313\ 10^{21}$

- $D\varepsilon = 1{,}31\ 10^{20}$ kg/m3, densidad aproximada del plasma de quarks-gluones en un agujero negro de 3MΘ.

VI. Método 3: Cálculo de la densidad media del plasma de quarks y gluones en un agujero negro de 3MΘ.

Masa del quark up:

$mu = 1{,}5$ MeV / $c^2 = 1{,}5 \times 1{,}79 \times 10^{-30}$ kg

- $mu = 2{,}68\ 10^{-30}$ kg, masa del quark up.

$md = 4{,}0$ MeV/$c^2 = 4{,}0 \times 1{,}79 \times 10^{-30}$ kg

- $md = 7{,}16\ 10^{-30}$ kg, masa del quark down.

Ahora calculemos el volumen del quark para calcular la densidad.

Para calcular el volumen del quark, vamos a utilizar el factor de escala de la constante de Boltzmann.

$M = 3M\Theta = 3 \times 2\ 10^{30} = 6{,}0\ 10^{30}$ kg

$T = 10^{13}$ K

$K_B = 6{,}63\ 10^{-34} \times 27\ 10^{24} / 8 \times 3{,}14 \times 10^{13} \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 6{,}0\ 10^{30}$

$K_B = 179{,}01\ 10^{-10} / 1005{,}30\ 10^{32} = 0{,}1780\ 10^{42}$

$K_{Bq} = 1,78\ 10^{-43}$ J/K, para un agujero negro.

$D = K_B / K_{Bq}$, $D = 1,38\ 10^{-23} / 1,780\ 10^{-43} = 0,7752\ 10^{20} = 7,752\ 10^{19}$

$D = 7,752\ 10^{19}$

$D = Vc12 / Vq$, $Vq = (Vc12 / D) = 1,33 \times 3,13 \times 0,4218\ 10^{-30} / 7,752\ 10^{19}$

$Vq = 1,76\ 10^{-30} / 7,752\ 10^{19} = 0,2270\ 10^{-49} = 2,270\ 10^{-50}\ m^3$

- $Vq = 2,270\ 10^{-50}\ m^3$, volumen del quark.

$V = (4/3) \times \pi \times R^3$, $R = {}^3\sqrt{(V/ 1,33 \times \pi)} = {}^3\sqrt{(2,270\ 10^{-50} / 4,17)} = {}^3\sqrt{0,5435\ 10^{-50}}$

$R = {}^3\sqrt{5,435\ 10^{-51}} = 1,758\ 10^{-17}$ m

$R = 1,758\ 10^{-17}$ m, corresponde al radio del quark cuando se forma el agujero negro.

Ahora que sabemos el volumen del quark, calculemos la densidad.

Para el quark up, tenemos:

$D\varepsilon u = m/v$

$D\varepsilon u = 2,68\ 10^{-30} / 2,27\ 10^{-50}$

$D\varepsilon u = 1,18\ 10^{20}\ kg/m^3$, densidad del quark up.

Para el quark down, tenemos:

$D\varepsilon d = m/v$

$D\varepsilon d = 7,16\ 10^{-30} / 2,27\ 10^{-50}$

$D\varepsilon d = 3,15\ 10^{20}\ kg/m^3$, densidad del quark down.

Antes de que se forme un agujero negro, existe una estrella de neutrones, así que tomemos como referencia un neutrón formado por dos quarks down y 1 quark up.

$D\varepsilon = (D\varepsilon d + D\varepsilon d + D\varepsilon u) / 3$

$D\varepsilon = (2 \times 3,15\ 10^{20} + 1,18\ 10^{20}) / 3$

$D\varepsilon = 2,49\ 10^{20}\ kg/m^3$, densidad aproximada del plasma de quarks y gluones.

Con estos tres métodos, demostramos lo siguiente:

1. El plasma de quarks-gluones se forma con una densidad aproximada $D\varepsilon = 10^{18}\ kg/m^3$ para una temperatura de $0,2\ 10^{13}$ K y aumenta a medida que aumenta la temperatura.

2. Un agujero negro estelar es una estrella formada por quarks y gluones, en una configuración especial, que en el momento de su creación tiene una densidad de aproximadamente $1,31\ 10^{20}\ kg/m^3$ y una temperatura gravitacional T_G de 10^{13} K.

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DEL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN Y SUS EFECTOS SOBRE LOS AGUJEROS NEGROS

Sabemos que, para que se forme un agujero negro, hay condiciones críticas que deben cumplirse:

Para un agujero negro estelar:

- $T_G = 10^{13}$ K, temperatura gravitacional.
- $K_B = 1,78\ 10^{-43}$ J/K
- M = 3MΘ = 6 10^{30} kg
- Dε = 1,31 10^{20} kg/m^3, densidad de energia.

Si observamos la Figura 6, vemos cómo la densidad de energía del plasma de quarks-gluones aumenta al aumentar la temperatura, esto sucede después de la transición o cambio de fase de la materia para formar el plasma de quarks-gluones.

Si observamos la Figura 6, vemos que para T = 175 MeV (0,2 10^{13} K), se produce el cambio de fase de la materia, transformándose en un plasma de quarks y gluones con una densidad de energía de aproximadamente 1,7 GeV/(c^2 x fm^3) ; si la temperatura continúa aumentando después de 175 MeV, se observa que la densidad de energía también aumenta y se representa en el gráfico con la curva roja.

La transición de fase de la materia está representada por la línea verde.

Qué pasaría si aplicáramos 200 MeV instantáneamente, sin pasar por el aumento gradual de temperatura, en cuyo caso vemos que la transición se desplazaría hacia la derecha y correspondería a los siguientes valores, como se muestra en la Figura 2:

- T = 200 Mev (2,32 10^{12} K)
- E = 3 GeV/ (c^2 x fm^3)

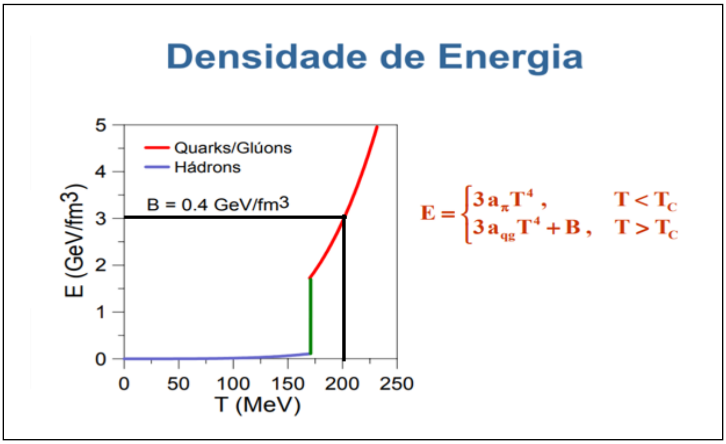


Figura 7

Considerando la Figura 7, calculemos el rango de la constante de Boltzmann entre las siguientes temperaturas 175 MeV (0,2 10^{13} K) e 870 MeV (10^{13} K).

Supongamos que la relación de densidad de energía E(GeV/fm3) vs T(Mev) es lineal.

T = 175 MeV – 0,2 10^{13} K – 3,02 10^{18} Kg/m^3 – K_B = ?

T = 870 MeV – 10^{13} K – 1,3 10^{20} Kg/m^3 – K_B = 1,78 10^{-43} J/K

K_B = (1,78 10^{-43} x 1,3 10^{20}) / 3,02 10^{18}, relación inversa.

K_B = 0,76 10^{-41} J/K

Calculamos para el momento en que ocurre la transición y se forma el plasma de quarks-gluones:

- T = 175 MeV = 0,2 10^{13} K.
- Dε = 3,02 10^{18} kg/m^3
- K_B = 0,76 10^{-41} J/K.

Finalmente, para T = 175 MeV ocurre la transición de fase y se genera el plasma de quarks-gluones para una densidad de energía Dε = 3,02 10^{18} kg/m^3 y una constante de Boltzmann correspondiente K_B = 0,76 10^{-41} J/K. De acuerdo con el gráfico de la Figura 2, a medida que la temperatura sube por encima del valor crítico, vemos que la densidad de energía aumenta y en consecuencia, la constante de Boltzmann varía.

La creación de un agujero negro estelar no depende del hombre, depende de procesos naturales, por lo que la constante de Boltzmann es del orden K_B = 1,78 10^{-43} J/K

para rangos de temperatura superiores a 10^{13} K.

c. EL INTERIOR DE UN AGUJERO NEGRO

Tras analizar los apartados A) y B), describiremos el interior de un agujero negro y plantearemos la siguiente hipótesis:

Hipótesis: los agujeros negros serían estrellas que están formadas por un plasma de quarks y gluones, materia exótica, es decir, un condensado bosónico-fermiónico de alta temperatura, que en su conjunto se comporta como un quark aislado en el que los gluones comienzan a se acumular formando una cascada infinita de energía, lo que lo convierte en el estado más energético de materia que existe en el universo, de energía casi infinita.

Recuerde que definimos el modelo eléctrico de un agujero negro análogo a un circuito RC.

El colapso gravitacional de una estrella para formar un agujero negro, hace que los campos de fuerza electromagnéticos y los campos de fuerza débiles desaparezcan dentro del agujero negro. En su interior, unicamente existen o actúan campos de fuerza fuertes y gravitacionales.

El horizonte de eventos es un límite imaginario de la ecuación de la relatividad general de Einstein que nos dice que los campos de fuerza electromagnéticos y los campos de fuerza débil no existen dentro del agujero negro.

Principales parámetros que caracterizan un agujero negro estelar de 3MΘ:

- $T_G = 10^{13}$ K, temperatura gravitacional.
- $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K
- M = 3MΘ = 6 10^{30} kg
- $D_\varepsilon = 1{,}31\ 10^{20}$ kg/m^3
- C = 300.000 km/s
- Ms = Ma – iMr, Mr = 0.
- Fs = Fc – iFt, Ft = 0.

Es importante mencionar que cuando se forma un agujero negro de 3 masas solares, la velocidad de los quarks y gluones es de 300.000 km/s y a medida que crece el agujero negro, la velocidad de los quarks y gluones aumenta, es decir, c > 300.000 km/s. Esto está

relacionado con la masa de los agujeros negros, en el momento en que se forma el agujero negro de 3 masas solares, la masa del agujero negro es igual a Ma, Mr = 0; esto se debe exactamente a lo que se dijo, es decir, c = 300 000 km/s. A medida que el agujero negro crece, c > 300 000 km/s, esto implica que Mr también crece. Mr es una masa que surge de c > 300 000 km/s.

Dentro de un agujero negro hay dos fuerzas netas, una fuerza central Fc, hacia el interior del agujero negro y una fuerza Ft tangencial al agujero negro. La fuerza Ft retrasa la fuerza Fc en 90 grados, como se muestra en la Figura 8.

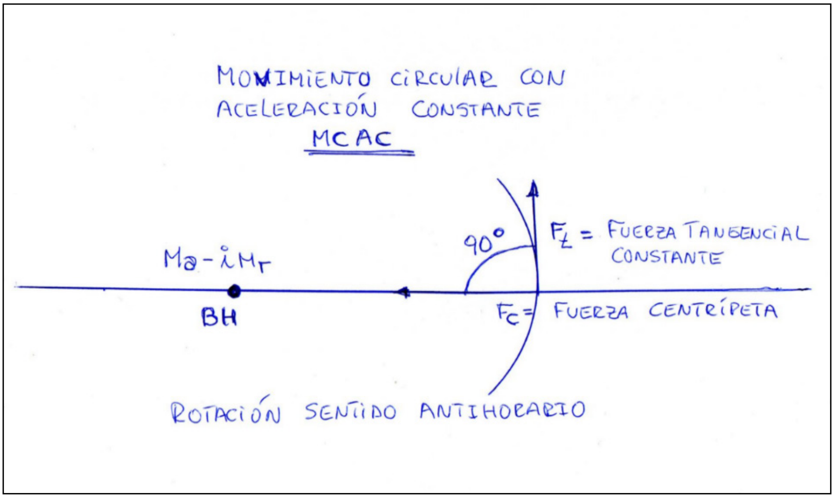


Figura 8

Aquí tenemos que aclarar algo muy importante, vamos a explicar el significado de Ms = Ma - iMr que resulta de la ecuación Fs = Fc - iFt, siendo las fuerzas vectores. Para explicar, recordemos que el modelo eléctrico de un agujero negro es un circuito RC.

Un circuito RC está representado por la siguiente ecuación, Z = R - iXc, donde R representa la resistencia y Xc la reactancia. Cuando hacemos el diagrama fasorial, observamos que el fasor de reactancia Xc está atrasado con respecto al fasor de resistencia R en 90 grados. Asimismo, cuando representamos la fuerza Fs = Fc - iFt, vemos que el fasor de fuerza Ft está retrasado 90 grados con respecto al fasor de fuerza Fc, son dos magnitudes reales y el factor (-i) solo sirve para representar este retraso de 90 grados de Ft con respecto a Fc. Esta interpretación es similar para las masas Ms = Ma - iMr; no debemos malinterpretarlo como la existencia de masa negativa.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, analizaremos la radiación de Hawking que se produce en el horizonte de eventos.

Según los cálculos de Hawking, en el horizonte de eventos de un agujero negro deberían emitirse pares de partículas virtuales. La partícula HR debe alejarse del horizonte de eventos con una frecuencia ω y una energía hω, que corresponde a la materia; la partícula P caería en el agujero negro con la misma frecuencia ω, pero con energía negativa -hω, esto corresponde a la antimateria. Así es como hemos pensado hasta ahora, lo aceptado por la comunidad cient[ifica.

Si consideramos que el agujero negro es una estrella compuesta por quarks-gluones y si definimos que la masa de un agujero negro esta dada por Ms = Ma – iMr, donde Ma y Mr es materia normal y el factor (-i) unicamente indica que Ma genera una fuerza central y Mr genera una fuerza tangencial, análogo al circuito RC, entonces, si consideramos la radiación de Hawking, lo que realmente tendría que entrar al interior del agujero negro sería la partícula HR con una frecuencia ω y una energía hω, para unirse a la materia dentro del agujero negro y aumentar su masa. Con esto estamos diciendo que el agujero negro crece, siempre crece, hasta llegar a un estado crítico que explota y produce el Big Bang.

La partícula P, de frecuencia ω y energía -hω, que corresponde a la antimateria, se alejaría del horizonte de evento en forma de onda gravitacional, es decir, como una perturbación del espacio-tiempo.

Para finalizar este apartado y reforzar lo dicho, traeremos un desarrollo escrito en el artículo "DE LOS AGUJEROS NEGROS AL BIG BANG REV 9.2, ANEXO: 2":

Recordemos que la masa en el interior de un agujero negro es Ms = Ma - iMr.

Sustituyemdo Ms em la ecuación $E^2 = P^2C^2 + M^2C^4$.

$E^2 = P^2C^2 + (Ma - iMr)^2 C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr + i^2Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - 2iMaMr - Mr^2) C^4$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2) C^4 - 2iMaMrC^4$

V. Para $t \rightarrow 0$, início del Big Bang.

$Mr >> Ma$

$E^2 = - Mr^2C^4 + 2iMaMrC^4$

$Mr^2C^4 >> 2iMaMrC^4$

$E^2 = - Mr^2C^4$

$E = (+/-)\ iMr \times C^2$

$Mr = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

$Ma = 1{,}20\ 10^{56}$ kg

$C = 3\ 10^{8}$ m/s

$E = +/-\ i\ 1{,}20\ 10^{82} \times 9\ 10^{16}$

$E = +/-\ i\ 10{,}8\ 10^{98}$

- $E = (+/-)\ i\ 1{,}08\ 10^{99}$ J

VI. Para $t \rightarrow \infty$, espacio-tiempo estabilizado, $Mr \rightarrow 0$

$E^2 = P^2C^2 + (Ma^2 - Mr^2)\ C^4 + 2iMaMrC^4$

$E^2 = P^2C^2 + Ma^2C^4$

$E = (+/-) \sqrt{(p^2c^2 + Ma^2C^4)}$

Conclusión:

Es la masa dela materia Mr, masa imaginaria, la que define la energía total del Big Bang.

El doble signo de energía correspondería a la materia formada por quarks y gluones, lo que vendría dado por la expresión $E = -\ iMr \times C^2$. La energía $E = +\ iMr \times C^2$ estaría asociada a la antimateria; ambas energías se utilizarían para expandir el espacio-tiempo (Big Bang) para recuperar su tamaño original. Esta energía es el resultado de suponer que los quarks y gluones tienen una velocidad $C > 300.000$ km/s, otra forma de interpretar esto es asumir constante $C = 300.000$ km/s; pero eso nos llevaría a que la masa resultante sea $Ms = Ma - iMr$, es decir, se crea la masa imaginaria.

La energía que correspondería a la antimateria formaría parte de la misma estructura del espacio-tiempo. La interacción de la materia con el espacio-tiempo que llamamos gravedad no sería más que la interacción de la materia con la antimateria y mediante este mecanismo se cancelan las energías, es decir, vuelve a aplicarse el principio de conservación de la energía. Esto sería análogo a lo que dijo Dirac de que la materia estaría en un mar de antimateria, siendo la antimateria la misma estructura espacio-tiempo.

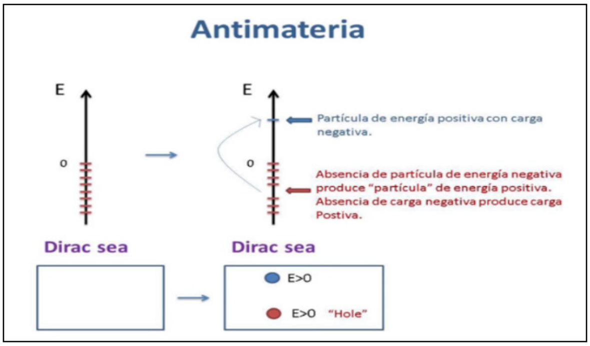


Figura 9

Nuevamente, la idea es esta, la gravedad es la consecuencia de la interacción de la materia (energía) con la estructura misma del espacio-tiempo, donde el espacio-tiempo es antimateria. Esto sería lo que expresó Dirac que la materia estaría en un mar de antimateria, siendo la antimateria la misma estructura espacio-tiempo.

El lado izquierdo de la ecuación representa el espacio-tiempo (antimateria), el lado derecho de la ecuación representa la energía (materia); por lo tanto, la ecuación de la relatividad general de Einstein representa la curvatura del espacio-tiempo que resulta de la interacción gravitacional resultante entre la materia y la antimateria.

d. TEORÍA M, DIMENSIONES EXTRA Y FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Para desarrollar esta sección, utilizaremos los videos del IFT UAM como guía y soporte técnico.

En la teoría de cuerdas, los grados de libertad fundamentales son objetos unidimensionales extendidos, cuerdas que viven en un espacio-tiempo de 10 dimensiones; 9 para el espacio y 1 para el tiempo. Estas cuerdas pueden interactuar por división-recombinación y la fuerza de esta interacción se mide mediante un parámetro gs, la constante de acoplamiento de la cuerda, que puede variar de 0 a infinito. Cuando la constante de acoplamiento es pequeña, se denomina régimen perturbativo; cuando la constante de acoplamiento es grande, se denomina régimen no perturbativo. En el régimen no perturbativo aparecen nuevos componentes, las P-Branas, que son extensivas y tienen P dimensiones espaciales extendidas; las cuerdas ya no juegan un papel esencial, están en pie de igualdad con todas esas branas y conviven todos estos objetos de diferentes dimensiones extensivas.

Cuando gs es pequeño, el régimen es perturbativo. Este régimen está dominado por un solo objeto, las cuerdas y en este régimen la energía necesaria para crear una brana aumenta considerablemente. En este régimen, la teoría de cuerdas está bien explicada, bien formulada y bien definida.

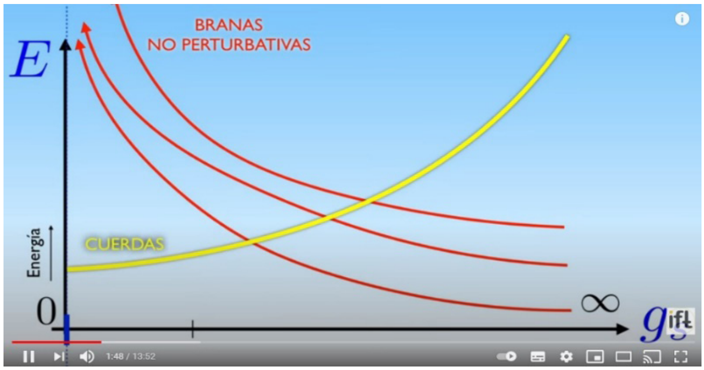
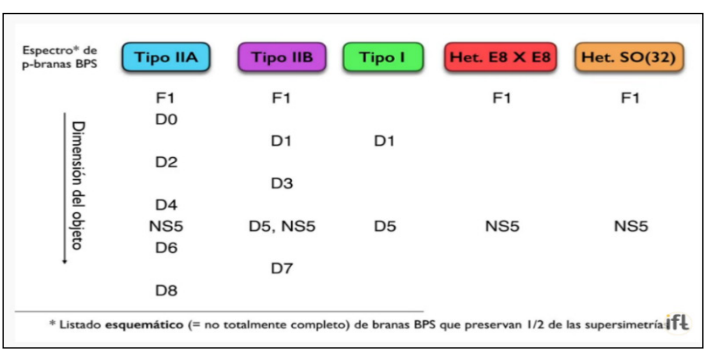


Figura 10

Ahora, estudiemos cuando gs tiende a infinito, régimen no perturbativo (acoplamiento infinito).

Existen 5 tipos diferentes de teoría de cuerdas supersimétrica en 10 dimensiones a saber: TIPO IIA, TIPO IIB, TIPO I, HETERÓTICO E8 X E8 Y HETERÓTICO SO (32). Estas teorías son muy diferentes entre sí, tienen diferentes contenidos de partículas, diferentes interacciones, diferentes supersimetrías, diferentes grupos de simetría y también tienen diferentes contenidos de P-Brana.



Espectro* de p-branas BPS (Dimensión del objeto)	Tipo IIA	Tipo IIB	Tipo I	Het. E8 X E8	Het. SO(32)
	F1	F1		F1	F1
	D0				
		D1	D1		
	D2				
		D3			
	D4				
	NS5	D5, NS5	D5	NS5	NS5
	D6				
		D7			
	D8				

* Listado **esquemático** (= no totalmente completo) de branas BPS que preservan 1/2 de las supersimetría ifl

Figura 11

Para estudiar cómo se comportan las branas cuando gs tiende a infinito, es importante especificar qué teoría de cuerdas concreta vamos a estudiar. Para nuestro caso vamos a estudiar la teoría TIPO IIA, una teoría que vive en 10 dimensiones y tiene un contenido perturbativo correspondiente al gravitón y sus compañeros, además hay un contenido no perturbativo de P-Branas. Las branas D0 son objetos sin dimensión extendida, son como partículas puntuales.

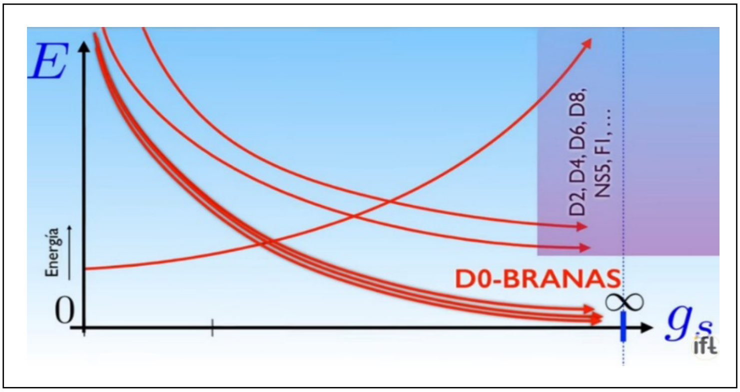


Figura 12

Se observa que el límite cuando el acoplamiento tiende a infinito está dominado por las D0-Branas. Esto es muy interesante, es un solo objeto que domina toda la dinámica y no son cuerdas, son partículas puntuales y es una teoría que tiene gravedad cuántica.

En el caso de las D0-Branas, la energía de enlace es cero (0), básicamente porque estas branas son supersimetrías BPS (estado con ciertas propiedades protegidas por supersimetría). La supersimetría provoca la cancelación de muchas cantidades, específicamente la energía de enlace entre D0-Branes.

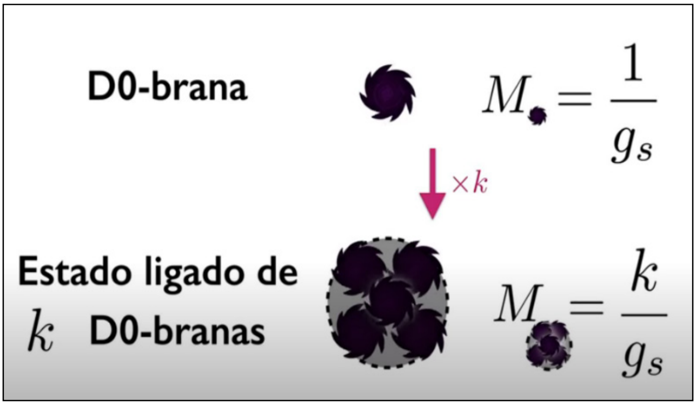


Figura 13

Por tanto, la masa de una partícula es igual a M = 1/gs y la masa de un conjunto de partículas en estado ligado es M* = k/gs. Con eso tenemos que los diferentes estados para los diferentes valores de k, los diferentes conjuntos de partículas no perturbativas, formarían una torre cuyas masas estarían exi-espaciadas por el valor 1/gs. Ahora, si hacemos que gs vaya al infinito, es decir, un acoplamiento infinitamente fuerte, todas las partículas en esa torre tendrán masa igual a cero (0); habría un número infinito de partículas con masa cero (0).

¿Cómo se descubre una dimensión extra? Hemos visto que si tienes una teoría en la que hay una dimensión extra compactada en un círculo de radio R, la forma en que se manifiesta esta dimensión extra es que aparece una torre de estado con masas espaciadas en una cantidad 1/R; y eso es exactamente lo que estamos viendo en nuestra teoría del TIPO IIA en acoplamiento rígido. Es decir, la teoría tiene una dimensión extra oculta con un radio R controlado por la constante de acoplamiento gs. Las D0-Branas son las réplicas de Kaluza-Klain de los estados de la teoría en 10 dimensiones, es decir, del gravitón.

Entonces tenemos una teoría de 11 dimensiones, donde una de las dimensiones está empaquetada en un radio de tamaño R que está relacionado con la constante de acoplamiento gs. Cuando R es pequeño, gs también es pequeño, es decir, recuperamos una teoría de 10 dimensiones débilmente acoplada que coincide exactamente con el TIPO IIA, la teoría perturbativa con la que comenzamos.

Cuando vamos al acoplamiento fuerte, en el límite donde R y gs tienden a infinito, el círculo de dimensión 11 se descomprime, es decir, recuperamos una teoría en 11 dimensiones.

La teoría M es la teoría de 11 dimensiones que se recupera cuando se descomprime el círculo que está oculto en la dimensión adicional de la teoría TYPO IIA.

Pongamos un ejemplo explicando lo que significa cuando hablamos de un régimen perturbativo y un régimen no perturbativo.

Podemos explicar el significado de un régimen perturbativo, a través de una analogía hidrodinámica, diciendo, si consideramos un lago con aguas tranquilas y tiramos una pequeña piedra, se producen pequeñas ondas que se propagan en el agua; decimos que estamos en un régimen perturbativo y sería análogo al espacio-tiempo en el que se producen pequeñas perturbaciones significativas.

Cuando hablamos de un régimen no perturbativo, hidrodinámicamente, nos referimos como ejemplo al mar muy agitado, olas gigantes; en el régimen espacio-tiempo sería análogo, por ejemplo, a los agujeros negros, estrellas de neutrones; grandes perturbaciones en el espacio-tiempo.

Después de haber explicado el régimen perturbativo y no perturbativo, intentemos explicar la teoría M con sus 11 dimensiones comparándola con el modelo RLC de nuestro universo y el factor de escala constante de Boltzmann.

Sabemos que la teoría M tiene 11 dimensiones. Tres dimensiones espaciales más una temporal (3 + 1), estas son las dimensiones en las que vivimos todos los días, las que perciben nuestros sentidos. A continuación, tenemos la teoría de las supercuerdas que constan de 10 dimensiones, además de las 4 dimensiones, se agregan 6 dimensiones más. Finalmente, tenemos una dimensión adicional que al descomprimirse crea las 11 dimensiones de la teoría M.

En nuestro modelo RLC del universo que incluye el factor de escala de la constante de Boltzmann, también tenemos 3 pasos. Podríamos determinar el primer paso para el régimen en el que la constante de Boltzmann es igual a $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K; podríamos determinar el segundo paso para el régimen en el que la constante de Boltzmann varía de $1{,}38\ 10^{-23}$J/K > K_B >$1{,}78\ 10^{-43}$ J/K; y el tercer paso para el régimen donde la constante de Boltzmann es igual a $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

Considerando estas dos teorías, la teoría M y la teoría del modelo RLC, haremos la siguiente comparación, en 3 etapas:

Primera etapa: Corresponde a las (3 + 1) dimensiones en las que vivimos, las tres dimensiones espaciales más el tiempo. En la teoría del modelo RLC, corresponde al régimen en el que la constante de Boltzmann es igual a $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K. Estamos en un régimen perturbativo, es decir, bajo gs, dominado por las cuerdas. Este régimen se

caracteriza por el hecho de que la estructura espacio-tiempo no sufre modificaciones.

Segunda etapa: se produce un proceso de descompactificación de la materia. Esto estaría representado por la teoría de supercuerdas de 10 dimensiones, es decir, por las dimensiones (3 + 1) más 6 dimensiones adicionales que surgen del primer proceso de descompactificación. En el modelo RLC, este régimen se caracterizaría porque la constante de Boltzmann varía entre 1,38 10^{-23} J/K > K_B >1,78 10^{-43} J/K. Estamos en un régimen de transición perturbativo a no perturbativo, es decir, gs tiende a un valor grande. Este régimen se caracteriza por el hecho de que la estructura del espacio-tiempo sufre modificaciones. Un ejemplo de este régimen serían las estrellas enanas blancas y las estrellas de neutrones.

Tercera etapa: En esta etapa de la Teoría M, ocurre el segundo proceso de descompactificación, es decir, ocurre la desconpactificación de la dimensión 11, el radio R se vuelve infinitamente grande. En el modelo RLC, en este régimen, la constante de Boltzmann asume el valor de K_B = 1,78 10^{-43} J/k. Estamos en el régimen no perturbativo, es decir, gs es infinito. En este régimen, la estructura del espacio-tiempo sufre grandes cambios, un ejemplo concreto sería la creación de agujeros negros.

La desconpactificación de la dimensión 11en la teoria M, es equivalente a crear un agujero negro.

DESCOMPACTIFICACION DE LA DIMENSION 11

Es importante entender que el concepto de dimensión depende de la escala de energías o distancias. Estamos acostumbrados a las cuatro dimensiones de la vida cotidiana (x, y, z, t), ahora cuando trabajamos a altas energías en el LHC, a distancias pequeñas introducimos 6 dimensiones más, es decir estaríamos trabajando en 10 dimensiones , que es el caso del plasma de quarks y gluones. En el modelo RLC, podemos representar esto porque la constante de Boltzmann varía en el rango de 1,38 10^{-23} J/K > K_B > 1,78 10^{-43} J/K.

Si imaginamos la dimensión 11 como un círculo, desenrollamos el círculo para representarlo como un intervalo, entonces todas las partículas tienen una función de onda en ese intervalo o sobre el círculo, que debe ser periódica. Este tipo de onda se caracteriza por un número K y podemos representarlo de la siguiente manera, k = 0, (+/-) 1, (+/-) 2, (+/-) 3, etc.

El impulso o energía que poseen las partículas no reside en las 10 dimensiones, está oculto en la dimensión 11. Esta energía interna se manifiesta como masa adicional en la dimensión 11.

Usando ecuaciones, podemos representarlo de la siguiente manera:

$\lambda = (2 \times \pi \times R) / K$

$\lambda = h / p$

$p = (h \times k) / 2 \times \pi \times R$

La energía se puede escribir como:

$$E = \sqrt{(m^2 \times c^4) + (Px^2 + Py^2 + Pz^2) C^2 + (h \times k / 2 \times \pi \times R)^2 \times C^2}$$

Donde la masa en reposo que ve un observador es igual a:

- $M^2 = m^2 + (h \times k / 2 \times \pi \times R)^2$

Esta es la fórmula general que nos dice cómo detectar una dimensión extra.

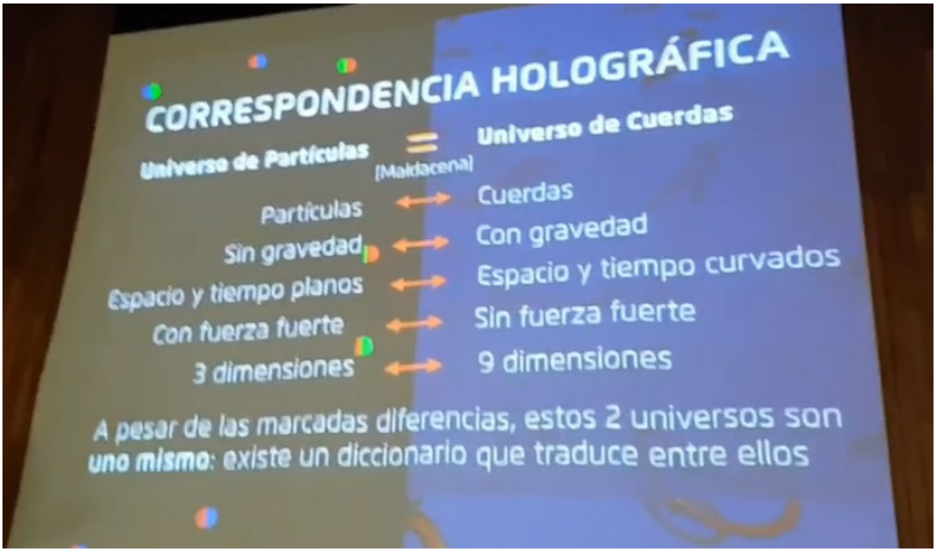
Definimos que la masa de un agujero negro es igual a:

$\boldsymbol{Ms = Ma - iMr}$

$\boldsymbol{Ms^2 = ma^2 + Mr^2}$

Donde Mr representa la masa imaginaria de un agujero negro que resulta de desconpactificar la dimensión 11 de la teoría M.

e. CORRESPONDENCIA ADS/CFT Y EL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN



Al analizar la teoría M y el modelo RLC, es inevitable hacer una comparación con la correspondencia ADS/CFT.

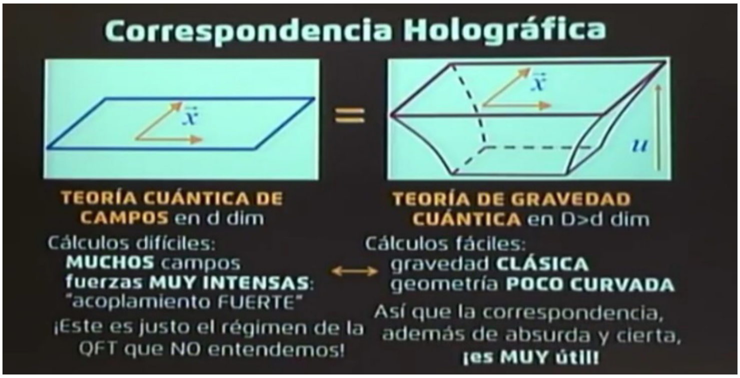
Según el análisis realizado en la teoría M y en el modelo RLC, en régimen no perturbativo, cuando gs es infinitamente grande, podemos equiparar una teoría de la gravedad en anti-de Sitter, espacio ADS n+1-dimensional, con una teoría de campos según CFT n-dimensional. ¿No preguntamos por qué podemos hacer esto? Y la respuesta está en el factor de escala de la constante de Boltzmann del modelo RLC.

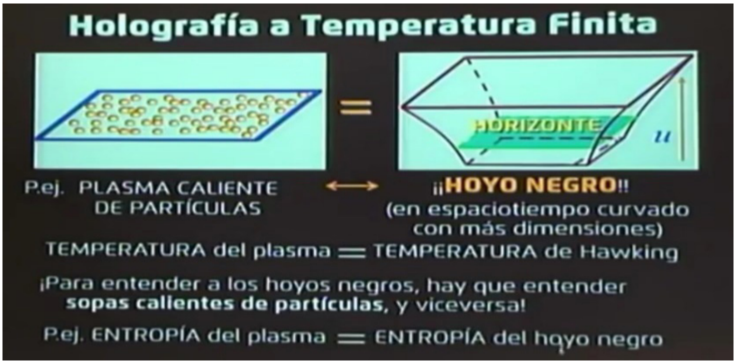
Daremos la respuesta con un ejemplo donde se calcula la viscosidad del plasma de quarks y gluones. Para el régimen no perturbativo, para gs muy grandes que tienden a infinito, estamos comparando dos teorías en las que las constantes de Boltzmann son aproximadamente iguales. Para el caso de la teoría ADS de 11 dimensiones, donde introducimos un agujero negro, la constante de Boltzmann es igual a $K_B = 1{,}38\ 10^{-43}$ J/K. Para la teoría CFT de 10 dimensiones, en la que queremos calcular la viscosidad del plasma de quarks y gluones, la constante de Boltzmann es del orden de $0{,}76\ 10^{-41}$ J/K > K_B > $1{,}78\ 10^{-43}$ J/K . Esto nos dice que podemos usar las teorías ADS y CFT para calcular la viscosidad del plasma de quarks y gluones porque ambas teorías funcionan en un régimen no perturbativo casi idéntico, razón por la cual cualquiera de las teorías que usamos para realizar el cálculo la respuesta será la misma.

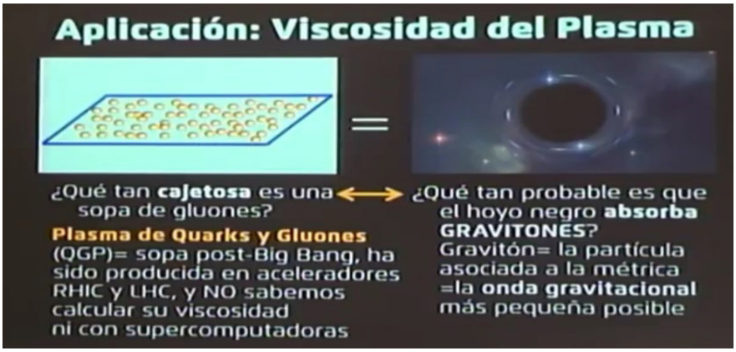
En el acoplamiento fuerte, en el límite donde gs tiende a infinito, es decir, en el

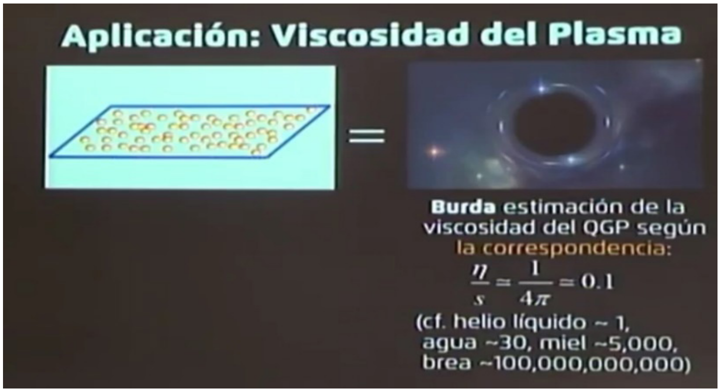
régimen no perturbativo, podemos reducir la teoría de supercuerdas a la relatividad general y con eso podemos simplemente usar una teoría de la gravedad en un espacio anti-de Sitter ADS, para describir el régimen de acoplamiento fuerte de una teoría de partículas, lo llamamos QCD dual. Esto se convierte en una dualidad muy útil.

En otras palabras, siempre que usemos una teoría CFT que trabaje con una constante de Boltzmann cercana a K_B = 1,78 10^{-43} J/K, podemos decir que se cumple la dualidad ADS = CFT.









Ejemplo 2:

En la teoría QED, en 10 dimensiones, considerando el régimen no perturbativo, el valor de gs tendiendo a infinito y la constante de Boltzmann muy cercana a K_B = 1,78 10^{-43} J/K, supongamos:

ADS <-----------> CFT

Gravidad <-----------> QED

Espectro de onda gravitacional <------------> Espectro de onda eletromagnética

Consideremos la teoría QED en un espacio-tiempo de 10 dimensiones. Un ejemplo de este caso serían las estrellas de neutrones, gs muy grandes y también la perturbación del espacio-tiempo.

En física, sabemos que existe un espectro de frecuencias electromagnéticas. En la electrodinámica cuántica (QED), los fotones son las partículas intermediarias de la interacción electromagnética y son los bloques de construcción fundamentales de las ondas electromagnéticas a nivel cuántico.

Describiremos ecuaciones simples que representen el espectro electromagnético.

h = constante de Planck.

- $E\varepsilon = h \times f\varepsilon$
- $C\varepsilon = \lambda\varepsilon \times f\varepsilon$
- $E\varepsilon = h \times C\varepsilon / \lambda\varepsilon$
- $E\varepsilon = K_B\varepsilon \times T\varepsilon$

- K_{BE} = 1,38 10^{-23} J/K

Consideremos la teoría de la gravedad en un espacio-tiempo de 11 dimensiones.

Con el descubrimiento de las ondas gravitacionales podemos inferir que también existe un espectro de ondas gravitacionales que representarían vibraciones en la estructura del espacio-tiempo. En este contexto, los gravitones serían análogos a los fotones en el caso electromagnético y serían los mediadores de las ondas gravitacionales. Por lo tanto, los gravitones serían los bloques de construcción fundamentales de las ondas gravitacionales a nivel cuántico.

Debemos recordar que tanto las ondas electromagnéticas como las gravitacionales son ondas transversales.

Una onda gravitacional es una perturbación de la estructura del espacio-tiempo que se manifiesta de la siguiente forma, contracción, estiramiento o simplemente ondulación del espacio-tiempo; mientras que una onda electromagnética se manifiesta como la propagación de campos eléctricos y magnéticos en el mismo espacio-tiempo sin afectar la estructura del espacio-tiempo.

Teniendo en cuenta la correspondencia ADS/CFT, describiremos la gravedad utilizando las mismas ecuaciones QED, considerando las 10 dimensiones. Esto se expresaría introduciendo el factor de escala constante de Boltzmann que lleva a cambiar el valor de la constante de Boltzmann para las ondas gravitacionales.

En otras palabras, en régimen no perturbativo, con gs tendiendo a infinito, cuando la constante de Boltzmann K_B se acerca a 1,78 10^{-43} J/K, podemos escribir las siguientes ecuaciones para las ondas gravitacionales:

- $E_G = h \times f_G$
- $C_G = \lambda_G \times f_G$
- $E_G = h \times C_G / \lambda_G$
- $E_G = K_{BG} \times T_G$
- K_{BG} = 1,78 10^{-43} J/K

Hasta ahora, siguiendo un camino intuitivo, hemos demostrado que podemos describir ondas gravitacionales utilizando las mismas ecuaciones QED, pero cambiando la constante de Boltzmann.

Como consecuencia de este conjunto de ecuaciones que describen el espectro

de ondas electromagnéticas y gravitacionales con diferentes valores para la constante de Boltzmann, surgió el concepto de temperatura electromagnética T_{ε} y temperatura gravitatoria T_{G}.

Por lo tanto, definamos que la temperatura electromagnética es diferente de la temperatura gravitacional, es decir:

T_{ε} ‡ T_{G}

También podemos inferir que la energía electromagnética será diferente de la energía gravitacional:

E_{ε} ‡ E_{G}

Nuestra pregunta es: ¿por qué la diferencia entre la temperatura T_{ε} y la temperatura T_{G}? Mi respuesta es la siguiente, es la naturaleza misma de las ondas electromagnéticas y gravitacionales la que determina la diferencia entre las temperaturas T_{ε} y T_{G}; mientras no haya cambios en la estructura del espacio-tiempo, la temperatura de un sistema estará determinada por la temperatura electromagnética T_{ε}. En un agujero negro, donde no hay campos de fuerza electromagnéticos y débiles, la temperatura estará determinada por la temperatura gravitacional T_{G} (con la tecnología actual no podemos medir la temperatura de un agujero negro porque no podemos detectar los efectos gravitacionales, T_{ε} dentro de un agujero negro es 0 K (kelvin)), La transición de los efectos electromagnéticos que determinan la temperatura electromagnética T_{ε} a los efectos gravitacionales que determinan la temperatura gravitacional T_{G} estaría dado por cambios en la estructura del espacio-tiempo, esto se representaría usando el factor de escala de la constante de Boltzmann.

Es el factor de escala de la constante de Boltzmann lo que nos diría si estamos midiendo una temperatura puramente electromagnética, una temperatura puramente gravitacional o la interacción de las temperaturas electromagnética y gravitacional. Más adelante determinaremos que dentro de un agujero negro solo existe temperatura gravitacional y está dada por oscilaciones de frecuencia (alta energía) en el espacio-tiempo. Tenemos que recordar que dentro de un agujero negro no hay campos de fuerza electromagnéticos y campos de fuerza débiles.

Actualmente no existen instrumentos que permitan medir los efectos de variaciones en la estructura del espacio-tiempo que determinen la temperatura gravitacional T_{G} de un agujero negro, pero podemos estimarla utilizando la ecuación de radiación de Hawking y el factor de escala de la constante de Boltzmann.

$T = hc^3 / (8\pi K_B G M)$

Tengamos en cuenta que la constante de Boltzmann varía de:

$K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K, até, $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

Cuando se forma un agujero negro, $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

1. $E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon$

2. $E_G = K_{BG} \times T_G$

Si nos fijamos en las ecuaciones, teniendo en cuenta las constantes de Boltzmann $K_{B\varepsilon} = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K que corresponde al dominio de las cuatro fuerzas fundamentales y $K_{BG} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, que corresponde al dominio de los campo de la fuerza fuerte y gravitacional en el interior de un agujero negro, se determina que existe una diferencia de 10^{20} en orden de magnitud entre la energía E_ε y E_G, es decir, si hacemos $T_\varepsilon = T_G$, tenemos que $E_\varepsilon = 10^{20}\ E_G$.

Este factor 10^{20} es muy importante, posiblemente nos esté diciendo el nivel de energía que existe entre el fotón y el gravitón, nos está diciendo que el gravitón tiene una energía del orden de 10^{20} veces menor que el fotón.

Ejemplo:

Si consideramos estrellas enanas blancas (presión de degeneración de electrones) y estrellas de neutrones (presión de degeneración de neutrones), estos sistemas tienen una perturbación que modifica la estructura espacio-tiempo y se encuentran en un proceso de transición espacio-tiempo, porque su constante de Boltzmann se encuentra en valores intermedios entre los extremos $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K y $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

Las estrellas enanas blancas y las estrellas de neutrones son dos ejemplos de sistemas donde hay cambios en la estructura del espacio-tiempo. Conociendo la constante de Boltzmann, podemos calcular la temperatura en estos sistemas utilizando la ecuación de radiación de Hawking.

Cuando calculamos la temperatura de un agujero negro usando la ecuación de radiación de Hawking y la constante de Boltzmann $K_{BG} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, esto nos da que la temperatura es $T_G = 10^{13}$ K y esa temperatura viene dada por los efectos gravitacionales del espacio-tiempo y no por efectos electromagnéticos.

Para finalizar esta prueba, determinaremos la temperatura de un agujero negro estelar de 3MΘ, utilizando las constantes de Boltzmann dadas por $K_{B\varepsilon}$ y K_{BG}.

$T_{BH} = T_\varepsilon + T_G$

$T_\varepsilon = hc^3 / (8 \times \pi \times K_{B\varepsilon} \times G \times M) = 9{,}9\ 10^{-16}$ K

$T_G = hc^3 / (8 \times \pi \times K_{BG} \times G \times M) = 10^{13}$ K

$T_{BH} = T_{\varepsilon} + T_G = 0\ K + 10^{13}\ K$

$T_{BH} = T_G = 10^{13}\ K$

Mostramos que la temperatura de un agujero negro es 10^{13} K y es una temperatura gravitacional, no electromagnética; es decir, no podemos detectarlo usando los instrumentos que tenemos hoy. Esto sería debido a cambios en la estructura del espacio-tiempo de alta frecuencia, variaciones del espacio-tiempo de alta energía.

Esta temperatura T_G de un agujero negro está relacionada con la descompactificación de la estructura del espacio-tiempo (niveles altos de energia y pequeñas distancias) y también con la radiación de Hawking, es decir, las ondas estacionarias gravitacionales que emite un agujero negro.

Para finalizar, vamos a definir lo siguiente:

- En ausencia de una perturbación que modifique la estructura del espacio-tiempo, la temperatura de un sistema T estará determinada por la temperatura electromagnética T_{ε}, es decir, la temperatura gravitatoria $T_G = 0$. Esto es cierto en el dominio de los cuatro fuerzas fundamentales. Consideramos que la constante de Boltzmann para este sistema es igual a $K_{B\varepsilon} = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K.

- Dentro de un agujero negro, en el dominio del campo de fuerza fuerte y gravitacional, la temperatura estará determinada por la temperatura gravitacional T_G, es decir, la temperatura electromagnética $T_{\varepsilon} = 0$. En este contexto, la constante de Boltzmann será $K_{BG} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

- Existe una condición intermedia, en el dominio de las cuatro fuerzas fundamentales, en la cual existen variaciones en la estructura del espacio-tiempo, la cual se manifiesta por la variación de la amplitud de la constante de Boltzmann que va de $K_{B\varepsilon} = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K a $K_{BG} = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K. En esta condición, la temperatura del sistema estará determinada por la interacción de la temperatura electromagnética y la temperatura gravitacional, $T = T_{\varepsilon} + T_G$.

MASA EQUIVALENTE DEL FOTON Y SU RELACION CON EL GRAVITON

¿Los fotones realmente tienen una masa equivalente verificable experimentalmente? La respuesta la dio el físico estadounidense Arthur Compton en 1922, quien al realizar experimentos para hacer chocar los rayos X con los electrones, la desviación en la trayectoria de estos últimos correspondía a una colisión con una partícula de masa equivalente calculada para el fotón con la siguiente fórmula.

$M(foton) = E / C^2 = h \times C / \lambda \times C^2 = h / (\lambda \times C)$

M(foton) = h / (λε x Cε)

Ejemplo:

Calcular la masa equivalente de un fotón correspondiente a longitudes de onda de 680 nm (rojo); 0,1 nm (rayos X) y 0,001 nm (rayos gamma)

$$(\text{massa Fotón})_{680} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{J·s}}{6{,}80 \cdot 10^{-7}\ \text{m} \cdot 2{,}9979 \cdot 10^{8}\ \text{m/s}} = 3{,}25037 \cdot 10^{-36}\ \text{kg}$$

$$(\text{massa Fotón})_{0,1} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{J·s}}{0{,}1 \cdot 10^{-9}\ \text{m} \cdot 2{,}9979 \cdot 10^{8}\ \text{m/s}} = 2{,}21025 \cdot 10^{-32}\ \text{kg}$$

$$(\text{massa Fotón})_{0,001} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{J·s}}{0{,}001 \cdot 10^{-9}\ \text{m} \cdot 2{,}9979 \cdot 10^{8}\ \text{m/s}} = 2{,}21025 \cdot 10^{-30}\ \text{kg}$$

En comparación con la masa del electrón (9,10939 10^{-31} kg), la masa del fotón es más pequeña, pero en el caso de los rayos gamma (0,001 10^{-9} nm) ¡las masas son del mismo orden y ligeramente superiores!

Si consideramos la siguiente ecuación:

Eε = 10^{20} Eɢ

M(graviton) = h / (λɢ x Cɢ)

Esto nos dice que la energía electromagnética es del orden de 10^{20} veces mayor que la energía gravitacional, por lo que podemos inferir lo siguiente:

M(foton) = 10^{20} M(graviton)

M(graviton) = M(foton) / 10^{20}

Con esto demostramos que la masa equivalente del gravitón es variable, en analogía con el fotón y depende de su longitud de onda λ (recordemos que existe un espectro de ondas gravitacionales).

También mostramos que la masa equivalente del gravitón es 10^{20} veces menor que la masa del fotón y asume valores menores a 10^{-50} kg si tomamos como referencia la masa equivalente de un fotón de rayos gamma.

Si consideramos el espectro de ondas electromagnéticas, vemos que la masa equivalente del fotón varía de aproximadamente 10^{-30} kg a 10^{-50} kg, de igual manera si

consideramos el espectro de ondas gravitacionales, la masa equivalente del gravitón varía aproximadamente desde 10^{-45} kg hasta 10^{-65} kg.

Ejemplo:

Usemos las siguientes ecuaciones; hagamos un paralelismo para ver las diferencias de energía y temperatura para los espectros electromagnético y gravitacional.

- $E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon$
- $C_\varepsilon = \lambda_\varepsilon \times f_\varepsilon$
- $E_\varepsilon = h \times C_\varepsilon / \lambda_\varepsilon$
- $E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon$

- $E_G = h \times f_G$
- $C_G = \lambda_G \times f_G$
- $E_G = h \times C_G / \lambda_G$
- $E_G = K_{BG} \times T_G$

I. Vamos a trabajar con frecuencias de rayos gamma.

$F_\varepsilon = 10^{24}$ Hz

$E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{24} = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E_\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon;\ T_\varepsilon = E_\varepsilon / K_{B\varepsilon} = 6{,}62\ 10^{-10} / 1{,}38\ 10^{-23} = 4{,}79\ 10^{13}$

$T_\varepsilon = 4{,}79\ 10^{13}$ K

$f_G = 10^{24}$ Hz

$E_G = h \times f_G = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{24} = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E_G = 6{,}62\ 10^{-10}$ J

$E_G = K_{BG} \times T_G;\ T_G = E_G / K_{BG} = 6{,}62\ 10^{-10} / 1{,}78\ 10^{-43} = 3{,}71\ 10^{33}$ K

$T_G = 3{,}71\ 10^{33}$ K

II. Trabajaremos con radiofrecuencias de onda larga.

$F\varepsilon = 1$ Hz

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34} \times 1 = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T\varepsilon;\ T\varepsilon = E\varepsilon / K_{B\varepsilon} = 6{,}62\ 10^{-34} / 1{,}38\ 10^{-23} = 4{,}79\ 10^{-11}$ K

$T\varepsilon = 4{,}79\ 10^{-11}$ K

$f_G = 1$ Hz

$E_G = h \times f_G = 6{,}62\ 10^{-34} \times 1 = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E_G = 6{,}62\ 10^{-34}$ J

$E_G = K_{BG} \times T_G;\ T_G = E_G / K_{BG} = 6{,}62\ 10^{-34} / 1{,}78\ 10^{-43} = 3{,}71\ 10^{9}$ K

$T_G = 3{,}71\ 10^{9}$ K

III. Trabajaremos con radiofrecuencia.

$F\varepsilon = 10^{4}$ Hz = 10.000 Hz

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{4} = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E\varepsilon = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T\varepsilon;\ T\varepsilon = E\varepsilon / K_{B\varepsilon} = 6{,}62\ 10^{-30} / 1{,}38\ 10^{-23} = 4{,}79\ 10^{-7}$ K

$T\varepsilon = 4{,}79\ 10^{-7}$ K

$f_G = 10^{4} = 10.000$ Hz

$E_G = h \times f_G = 6{,}62\ 10^{-34} \times 10^{4} = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E_G = 6{,}62\ 10^{-30}$ J

$E_G = K_{BG} \times T_G;\ T_G = E_G / K_{BG} = 6{,}62\ 10^{-30} / 1{,}78\ 10^{-43} = 3{,}71\ 10^{13}$ K

$T_G = 3{,}71\ 10^{13}$ K

IV. Consideremos la temperatura de formación de un BH de 3MΘ.

$T = 10^{13}$ K

$E\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T\varepsilon = 1{,}38\ 10^{-23} \times 10^{13} = 1{,}38\ 10^{-10}$ J

$E\varepsilon = 1{,}38\ 10^{-10}$ J

$E\varepsilon = 8{,}61\ 10^{8}$ eV, energia del foton.

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon$; $f\varepsilon = E\varepsilon / h = 1{,}38\ 10^{-10} / 6{,}62\ 10^{-34} = 0{,}20\ 10^{24}$

$f\varepsilon = 0{,}20\ 10^{24}$ Hz

$M(foton) = h / (\lambda\varepsilon \times C\varepsilon)$; $\lambda\varepsilon = 15\ 10^{-16}$ m

$M(foton) = 6{,}62\ 10^{-34} / (15\ 10^{-16} \times 3\ 10^{8}) = 6{,}62\ 10^{-34} / 45\ 10^{-8} = 0{,}14\ 10^{-26}$

$M(foton) = 1{,}4\ 10^{-27}$ kg

$E_G = K_{BG} \times T_G = 1{,}78\ 10^{-43} \times 10^{13} = 1{,}78\ 10^{-30}$ J

$E_G = 1{,}78\ 10^{-30}$ J, energia del graviton.

$E_G = 1{,}11\ 10^{-11}$ eV

$E_G = h \times f_G$; $f_G = E_G / h = 1{,}78\ 10^{-30} / 6{,}62\ 10^{-34} = 0{,}26\ 10^{4} = 2{,}6\ 10^{3}$ Hz

$f_G = 2600$Hz; frecuencia fundamental, $\lambda_G = 1{,}15\ 10^{5}$ m

$M(graviton) = h / (\lambda_G \times C_G)$, $\lambda_G = 1{,}15\ 10^{5}$ m

$M(graviton) = 6{,}62\ 10^{-34} / (1{,}15\ 10^{5} \times 3\ 10^{8}) = 6{,}62\ 10^{-34} / 3{,}46\ 10^{13}$

$M(graviton) = 1{,}91\ 10^{-47}$ kg

V. Consideremos la temperatura de 3000 K.

$T = 3\ 10^{3}$ K

$E\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T\varepsilon = 1{,}38\ 10^{-23} \times 3\ 10^{3} = 4{,}14\ 10^{-20}$ J

$E\varepsilon = 4{,}14\ 10^{-20}$ J, energia del foton.

$E\varepsilon = 0{,}25$ eV,

$E\varepsilon = h \times f\varepsilon$; $f\varepsilon = E\varepsilon / h = 4{,}14\ 10^{-20} / 6{,}62\ 10^{-34} = 0{,}62\ 10^{14}$

$f\varepsilon = 0{,}62\ 10^{14}$ Hz

$M(foton) = h / (\lambda\varepsilon \times C\varepsilon)$; $\lambda\varepsilon = 4{,}83\ 10^{-6}$ m

$M(foton) = 6{,}62\ 10^{-34} / (4{,}83\ 10^{-6} \times 3\ 10^{8}) = 6{,}62\ 10^{-34} / 14{,}49\ 10^{2} = 0{,}45\ 10^{-36}$

$M(foton) = 4{,}5\ 10^{-37}$ kg

$E_G = K_{BG} \times T_G = 1{,}78\ 10^{-43} \times 3\ 10^{3} = 5{,}34\ 10^{-40}$ J

$E_G = 5{,}34\ 10^{-40}$ J, energia del graviton.

$E_G = 3{,}33\ 10^{-21}$ eV

$E_G = h \times f_G$; $f_G = E_G / h = 5{,}34\ 10^{-40} / 6{,}62\ 10^{-34} = 0{,}80\ 10^{-6}$

$f_G = 0{,}80\ 10^{-6}$ Hz

M(graviton) = $h / (\lambda_G \times C_G)$, $\lambda_G = 3{,}75\ 10^{14}$ m

M(graviton) = $6{,}62\ 10^{-34} / (3{,}75\ 10^{14} \times 3\ 10^{8}) = 6{,}62\ 10^{-34} / 11{,}25\ 10^{22}$

M(graviton) = $5{,}8\ 10^{-57}$ kg

VI. Vamos considerar a temperatura del CMB 3 K.

T = 3 K

$E_\varepsilon = K_{B\varepsilon} \times T_\varepsilon = 1{,}38\ 10^{-23} \times 3 = 4{,}14\ 10^{-23}$ J

$E_\varepsilon = 4{,}14\ 10^{-23}$ J, energia del foton.

$E_\varepsilon = 0{,}00025$ eV,

$E_\varepsilon = h \times f_\varepsilon$; $f_\varepsilon = E_\varepsilon / h = 4{,}14\ 10^{-23} / 6{,}62\ 10^{-34} = 0{,}62\ 10^{11}$

$f_\varepsilon = 0{,}62\ 10^{11}$ Hz

M(foton) = $h / (\lambda_\varepsilon \times C_\varepsilon)$; $\lambda_\varepsilon = 4{,}83\ 10^{-3}$ m

M(foton) = $6{,}62\ 10^{-34} / (4{,}83\ 10^{-3} \times 3\ 10^{8}) = 6{,}62\ 10^{-34} / 14{,}49\ 10^{5} = 0{,}45\ 10^{-39}$

M(foton) = $4{,}5\ 10^{-40}$ kg

$E_G = K_{BG} \times T_G = 1{,}78\ 10^{-43} \times 3 = 5{,}34\ 10^{-43}$ J

$E_G = 5{,}34\ 10^{-43}$ J, energia del graviton.

$E_G = 3{,}33\ 10^{-24}$ eV

$E_G = h \times f_G$; $f_G = E_G / h = 5{,}34\ 10^{-43} / 6{,}62\ 10^{-34} = 0{,}80\ 10^{-9}$

$f_G = 0{,}80\ 10^{-9}$ Hz

M(graviton) = $h / (\lambda_G \times C_G)$, $\lambda_G = 3{,}75\ 10^{17}$ m

M(graviton) = $6{,}62\ 10^{-34} / (3{,}75\ 10^{17} \times 3\ 10^{8}) = 6{,}62\ 10^{-34} / 11{,}25\ 10^{25}$

M(graviton) = $5{,}8\ 10^{-60}$ kg

APÉNDICE 10: LEY DE LOS GASES IDEALES Y EL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

La ley de los gases ideales es la ecuación de estado del gas ideal, un gas hipotético formado por partículas puntuales sin atracción ni repulsión entre ellas y cuyas colisiones son perfectamente elásticas (conservación del momento y la energía cinética). La energía cinética es directamente proporcional a la temperatura en un gas ideal. Los gases reales que más se aproximan al comportamiento del gas ideal son los gases monoatómicos en condiciones de baja presión y alta temperatura.

La ecuación de estado, que normalmente describe la relación entre presión, volumen, temperatura y la cantidad (en moles) de un gas ideal es:

- P x V = n x R x T (1)

P = presIon absoluta,

V = Volumen,

n = Mol de um gás,

R = Constante universal del gas ideal,

T = Temperatura.

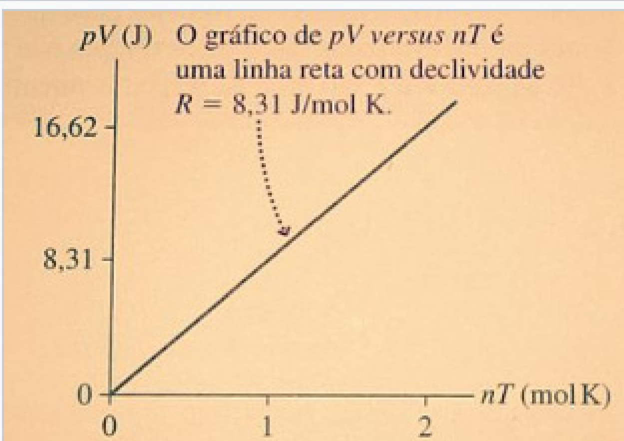


Gráfico de *PV* versus *nT* para um gás ideal. A inclinação da reta é dada pela constante universal dos gases ideais.

Figura 1

TEORIA CINÉTICA MOLECULAR

Esta teoría fue desarrollada por Ludwig Boltzmann y Maxwell, y nos dá las propiedades de un gas ideal a nivel molecular.

- Todo gas ideal está compuesto por N pequeñas partículas (átomos o moléculas).
- Las moléculas de gas se mueven a gran velocidad, de forma recta y desordenada.
- Un gas ideal ejerce una presión continua sobre las paredes del recipiente que lo contiene, debido a los choques de las partículas con sus paredes.
- Las colisiones moleculares son perfectamente elásticas. No hay pérdida de energía cinética.
- No se tienen en cuenta las interacciones de atracción y repulsión molecular.
- La energía cinética de traslación promedio de una molécula es directamente proporcional a la temperatura absoluta del gas.

Bajo estas circunstancias, la ecuación de estado de los gases ideales se describe teóricamente:

- $P \times V = N \times K_B \times T$ (2)

N = Número de partículas,

K_B = constante de Boltzmann.

Si analizamos la teoría cinética de los gases, veremos que la ecuación (2) se aplica a átomos y moléculas y también a condiciones normales de presión, volumen y temperatura, es decir, condiciones con las que estamos acostumbrados a trabajar, en las que las partículas puntuales son átomos y moléculas. Ahora preguntémonos, ¿qué sucede con la Ecuación (2) en una estrella de neutrones o en un plasma de quarks-gluones donde, en ambos casos, las partículas puntuales no corresponden a átomos o moléculas?

A continuación, analizaremos estas dos situaciones:

ECUACIÓN DE ESTADO DE LOS GASES IDEALES Y LAS ESTRELLAS DE NEUTRONES

Idealmente, vamos a suponer que las estrellas de neutrones están formadas únicamente por neutrones, es decir, en este caso ideal, las partículas puntuales serían los neutrones.

La constante de Boltzmann se define de la siguiente manera:

$K_B = R/N$, onde R = 8,314 J / (K.mol) e N = 6,022 10^{23} 1/mol

K_B = 1,38 10^{-23} J/K

N también se llama número de Avogadro y para 1 mol de carbono 12 hay 6,022 10^{23} átomos.

Como se ha descrito, la constante de Boltzmann se define para 1 mol de carbono 12 y corresponde a 6,0221 10^{23} átomos. Aquí es importante recalcar que siempre que usamos la constante de Boltzmann, en todas las aplicaciones químicas, las dimensiones del átomo permanecen constantes, es decir, no cambian.

En la teoría cuántica de campos, los átomos no están representados por esferas perfectas de radio r, como se suponía a principios del siglo XX; pero para efectos prácticos para realizar los cálculos hagamos esa suposición nuevamente y usemos el radio atómico dado en la tabla periódica de los elementos químicos.

Consideremos el caso de las estrellas de neutrones y supongamos que la presión de degeneración de los neutrones hará que el átomo de C12 tenga las dimensiones de un neutrón, en este caso la unidad fundamental no serían los átomos y las moléculas, serían los neutrones.

Cálculo del factor de escala de la constante de Boltzmann cuando se trabaja a nivel de núcleo atómico (neutrón).

Dc12 = 1,5 10^{-8} cm = 1,5 10^{-10} m, diametro del átomo C12

Rc12 = 0,75 10^{-10} m, radio del átomo C12.

Dn = 0,8 10^{-15} m, diametro del neutron.

Rn = 0,4 10^{-15} m, radio del neutron.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 $10^{-10})^3$ = 1,76 10^{-30} m^3, volumen del atomo C12

Vn = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,4 $10^{-15})^3$ = 0,267 10^{-45} m^3, volumen del neutron.

Dn = Vc12 / Vn = 1,76 10^{-30} / 0,267 10^{-45} = 6,591 10^{15}.

Dn = 6,59 10^{15}, factor de escala de la constante de Boltzmann para estrellas de neutrones.

Si consideramos que inicialmente N estaban compuestos por átomos de carbono 12 (partículas puntuales), en una estrella de neutrones las partículas puntuales corresponden a neutrones y el número de partículas puntuales será igual al factor de escala de la constante de Boltzmann multiplicado por N, es decir, N' = Dn x N

Dn = factor de escala de la constante de Boltzmann (aproximado), para estrellas de

neutrones.

La ecuación de estado se convierte en:

P x V = N´x KB x T

P x V = Dn x N x K_B x T

Ahora, si considerarmos que (P x V) / T = cte, y también que:

N aumenta por un factor Dn, entonces,

La ecuación (2) se torna:

- P x V = Dn x N x (K_B/Dn) x T
- P x V = N´x K_{Bn} x T
- (P x V) / T = cte, condición para masa constante o moles constantes.

K_{Bn} = K_B / Dn = 1,38 10^{-23} / 6,59 10^{15}

K_{Bn} = 0,20 10^{-38} J/K, constante aproximada de Boltzmann para una estrella de neutrones.

- **K_{Bn} = 0,20 10^{-38} J/K**

ECUACIÓN DE ESTADO DE LOS GASES IDEALES Y EL PLASMA DE QUARKS Y GLUONES

Idealizando, supongamos que en un plasma de quarks y gluones las partículas puntuales son los quarks.

Consideremos el plasma de quarks y gluones y supongamos que en un plasma de quarks y gluones el átomo de C12 se lleva al tamaño de un quark.

Rc12 = 0,75 10^{-10} m, radio del átomo C12.

Rq = 0,43 10^{-18} m, radio del quark.

Vc12 = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,75 10^{-10})^3 = 1,76 10^{-30} m^3, volumen del átomo C12.

Vq = 4/3 π R^3 = 4/3 x 3,14 x (0,43 10^{-18})^3 = 0,33 10^{-54} m^3, volumen del quark.

Dq = Vc12 / Vq = 1,76 10^{-30} / 0,33 10^{-54} = 5,33 10^{24}.

Dq = 5,33 10^{24}, factor de escala aproximado de la constante de Boltzmann, en un plasma de quarks-gluones.

Dq = 5,33 10^{24}.

Si consideramos que inicialmente N estaba formado por átomos de carbono

12 (partículas puntuales), en un plasma de quarks y gluones, las partículas puntuales corresponden a quarks y el número de partículas puntuales será igual al factor de escala de la constante de Boltzmann multiplicado por N, es decir, N' = Dq x N.

Dq = fator de escala de la constante de Boltzmann (aproximado), para o plasma quark-gl**ú**on.

Con este resultado, la ecuación de estado se convierte en:

$P \times V = N' \times K_B \times T$

$P \times V = Dq \times N \times K_B \times T$

Si considerarmos que (P x V) / T = cte, e ademas se cumple,

N aumenta por un factor Dq, entonces:

La ecuación (2) se torna:

- $P \times V = Dq \times N \times (K_B/Dq) \times T$
- $P \times V = N' \times K_{Bq} \times T$
- (P x V) / T = cte, condición de masa constante o moles constantes.

$K_{Bq} = K_B / Dq = 1{,}38\ 10^{-23} / 5{,}33\ 10^{24}$.

$K_{Bq} = 0{,}25\ 10^{-47}$ J/K, Constante aproximada de Boltzmann para un plasma de quarks y gluones.

- **$K_{Bq} = 0{,}25\ 10^{-47}$ J/K.**

Comentários:

Intentamos intuitivamente demostrar, sin rigor, que la constante de Boltzmann varía según el régimen en el que estemos trabajando, por ejemplo, para una estrella de neutrones $K_{Bn} = 0{,}20\ 10^{-38}$ J/K y para un plasma de quarks y gluones $K_{Bq} = 0{,}25\ 10^{-47}$ J/K, aproximadamente.

APÉNDICE 11: LOS DOS ESTADOS DEL CAMPO DE HIGGS Y EL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Cuando el Universo era muy energético, al comienzo del Big Bang, no podíamos distinguir las fuerzas fundamentales y a medida que el Universo perdía energía, se "enfriaba", empezábamos a ver las diferentes fuerzas fundamentales. Técnicamente decimos que ocurren "rupturas de simetría" y en cada "ruptura" podemos distinguir una de las fuerzas.

La primera fuerza que pudimos distinguir que se separó del resto, fue la gravedad; lo hizo cuando el Universo tenía 10^{-43} segundos y una temperatura de 10^{32} kelvin (o energía de 10^{19} GeV). Entonces, se separó del resto, la fuerza nuclear fuerte cuando el Universo tenía 10^{-35} segundos y una temperatura de 10^{27} kelvin (o energía de 10^{14} GeV) Y más tarde, aunque no hace mucho tiempo, se desacoplaron, separaron, la fuerza nuclear débil y la fuerza electromagnética, cuando el Universo tenía 10^{-12} segundos y una temperatura de 10^{15} grados kelvin, o energía de 100 GeV (tanto kelvin como el electronvoltio (eV) son unidades de temperatura y energía, respectivamente, comúnmente utilizadas en física). A modo de comparación, el Universo actualmente tiene aproximadamente 4,35 x 10^{17} segundos y aproximadamente 3 grados Kelvin de temperatura o 10^{-4} eV de energía.

La pregunta ahora es: ¿podríamos volver a unir todas las fuerzas? Y la respuesta es sí!!!!!!!!!!, todo depende de la energía que podamos obtener y por eso los aceleradores de partículas, capaces de inyectar mucha energía a la materia, nos permiten explorar fases muy antiguas del Universo, teniendo acceso a niveles de energías cada vez más altas. En este libro vamos a responder esta pregunta.

CAMPO DE HIGGS

Al estudiar el campo de Higgs, los físicos teóricos han descubierto que el campo de Higgs, que impregna todo el espacio-tiempo, existe en dos estados, además del estado conocido hoy; hay un segundo estado miles de veces más denso llamado estado ultradenso del campo de Higgs. Esto crea un problema potencial, que es la posibilidad de una transición entre los dos estados. Analisaremos que esta transición es casi imposible que suceda.

PRIMER ESTADO DEL CAMPO DE HIGGS:

El campo de Higgs que conocemos hoy llena todo el espacio-tiempo de nuestro universo y es lo que le da masa a las partículas, por ejemplo, cuando un electrón se mueve en el campo de Higgs, su interacción con el campo le da la masa al electrón.

El bosón de Higgs son las excitaciones del campo de Higgs, no hay que confundir el campo de Higgs con el bosón de Higgs.

El campo de Higgs tiene un valor en el vacío y corresponde a:

H = 246 GeV (2,85 10^{15} K), esto corresponde a una energía potencial mínima V que da estabilidad a nuestro universo actual.

SEGUNDO ESTADO DEL CAMPO DE HIGGS – ESTADO ULTRADENSO

De acuerdo con toda la teoría que desarrollé en los artículos anteriores, especialmente "Modelo eléctrico RLC del universo y la constante de Boltzmann Rev 9.2", analizaremos cuál sería la única condición física que permitiría la existencia del estado ultradenso del campo de Higgs. .

Hipótesis: propongo que el estado ultradenso del campo de Higgs ocurre dentro de los agujeros negros. Para demostrar que esto es así, recordemos en primer lugar las hipótesis propuestas para la creación de un agujero negro.

Hipótesis:

Un agujero negro es una estrella de fluido de plasma de quarks y gluones que ha alcanzado una masa crítica y colapsado por la gravedad.

Cuando se forma un agujero negro, los campos de fuerza electromagnéticos y los campos de fuerza débiles desaparecen, dejando solo los campos de fuerza fuerte y gravitacional. A medida que crece un agujero negro, la masa del agujero negro será igual a Ms = Ma – iMr y esto se debe a la velocidad de algunos gluones que es mayor que c, es decir, C_G > 300.000 km/s.

Dijimos también que un agujero negro es una estrella de plasma de quarks y gluones; aquí hay que diferenciar que hay gluones que tienen carga y no masa, que no pueden viajar a una velocidad superior a c = 300.000 km/s y formarían la masa real Ma que conocemos. También hay gluones sin carga y sin masa, análogos a los fotones que pueden viajar más rápido que c = 300 000 km/s, y son responsables de la existencia de la masa imaginaria Mr.

También usamos la hipótesis de que el Big Bang nace de la explosión (expansión del espacio-tiempo) de un agujero negro, desarrollamos los cálculos matemáticos en el artículo escrito "Modelo eléctrico RLC del universo y la constante de Boltzmann Rev 9.2".

Los parámetros críticos para formar un agujero negro son los siguientes:

Para un agujero negro estelar:

- $T = 10^{13}$ K
- $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K
- $M_c = 3\Theta = 6\ 10^{30}$ kg
- $D\varepsilon = 10^{20}$ kg/m^3

Para um agujero negro em el LHC:

- $T = 10^{13}$ K
- $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K
- $m_c = 2{,}3\ 10^{-16}$ kg
- $D\varepsilon = 10^{20}$ kg/m^3

Destaquemos que un agujero negro: nace, crece y muere.

Con esto, escribimos las condiciones para la formación de un agujero negro. A medida que un agujero negro crece, su masa aumenta, podemos representarlo mediante la siguiente ecuación Ms = Ma – iMr. Cuando el agujero negro llega a su fin, es decir, muere, se produce el Big Bang (agujero blanco) que hace que el espacio-tiempo se expanda a una velocidad $C_{Gmax} = 3\ 10^{21}$ m/s.

Dentro de un agujero negro, existe el campo de Higgs ultradenso cuyo valor corresponde a $H = 4{,}4\ 10^{15}$ GeV ($5\ 10^{26}$ K), y la única forma de que este campo se expanda por todo el universo sería si el agujero negro muere, explota, y produce un Big Bang (agujero blanco), después de un tiempo el universo se habrá estabilizado nuevamente y el campo de Higgs alcanzará H = 246 GeV.

$H = 4{,}4\ 10^{15}$ GeV ($5\ 10^{26}$ K), valor aproximado del campo de Higgs al comienzo del Big Bang.

Hay un ciclo que debe cumplirse, y es imposible que se produzca un efecto por tunelización cuántica.

Conclusión:

El campo de Higgs ultradenso dentro de un agujero negro no es constante y varía de la siguiente manera entre los siguientes extremos:

H1 = 8,6 GeV (10^{13} K), valor mínimo del campo de Higgs, se produce cuando se forma un agujero negro estelar de tres masas solares.

$H2 = 4{,}4\ 10^{15}$ GeV ($5\ 10^{26}$ K), valor máximo del campo de Higgs, es el valor que toma

el campo de Higgs dentro de un agujero negro en el momento que explota y produce un agujero blanco o Big Bang.

El estado ultradenso del campo de Higgs varía entre los valores de H1 = 8,6 GeV (10^{13} K < campo de Higgs ultradenso < H2 = 4,4 10^{15} GeV (5 10^{26} K); y solo ocurre dentro de los agujeros negros.

El primer estado del campo de Higgs está asociado con el falso vacío, dominio de las cuatros fuerzas fundamentales; el estado ultradenso del campo de Higgs está asociado con el verdadero vacío, dominio del campo de fuerza fuerte y gravitacional.

Estos cálculos se obtienen de la siguiente tabla:

Item	T	CG	C	IMaI	IMrI	IMsI	IEaI	IErI	IEsI	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabla 1

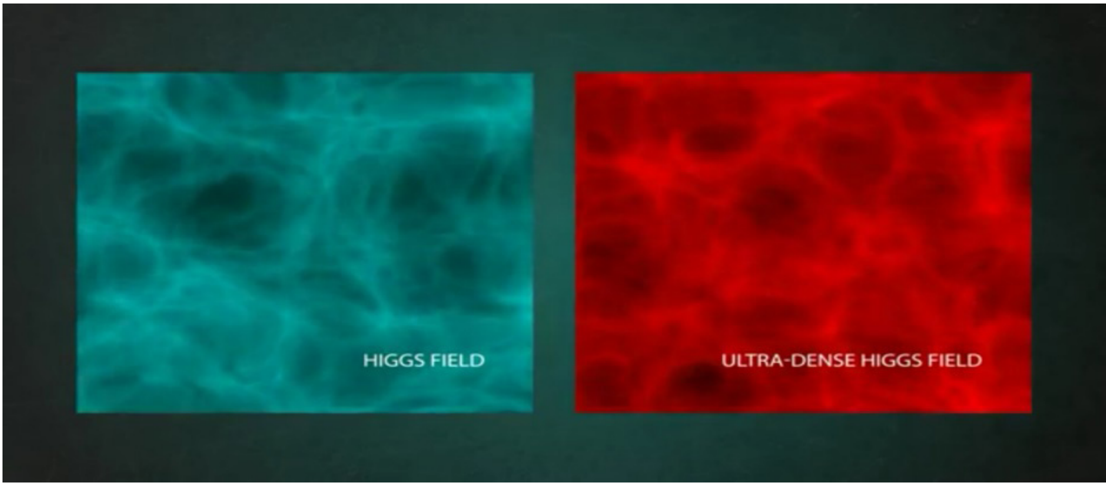


Figura 1: Los dos estados del campo de Higgs.

APÉNDICE 12: CÁLCULO DE LA ENTROPÍA DE UN AGUJERO NEGRO, ESTRELLAS DE NEUTRONES Y ESTRELLAS ENANAS BLANCA

Para realizar los cálculos de entropía de cuerpos estelares como estrellas enanas blancas y estrellas de neutrones o posiblemente cualquier cuerpo estelar, primero calcularemos el agujero negro equivalente del cuerpo de interés y luego usando la fórmula de entropía de un agujero negro, calcularemos el valor de entropía para ese cuerpo en cuestión; Como resultado final, la entropía del cuerpo de interés será menor o igual a la entropía de su agujero negro homólogo. Usando este mecanismo, podemos estimar el valor de entropía aproximado de cualquier cuerpo estelar sabiendo que no puede ser mayor que la entropía de su agujero negro equivalente.

En el artículo “Modelo Eléctrico RLC del Universo y la Constante de Boltzmann Rev 9.2”, desarrollamos los cálculos que describen el nacimiento de un agujero negro hasta el fin de un agujero negro cuando produce el Big Bang, estos cálculos se encuentran en la Tabla 1.

Para calcular la entropía de un agujero negro, utilizaremos la siguiente información:

Item	T	CG	C	lMal	lMrl	lMsl	lEal	lErl	lEsl	Rsr	Rss
0	**kelvin**	**m/s**	**m/s**	**kg**	**kg**	**kg**	**Joule**	**Joule**	**Joule**	**m**	**m**
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabla 1

	Massa do buraco negro (kg)	Massa do buraco negro (kg)
	6,00 10^30	1,20 10^82
Comprimento característico BH Lg (m)	4,44 10^3	0,89 10^29
Quantização da matéria Lp (m)	1,61 10^-35	1,27 10^-54
Quantização espaço-tempo Lq (m)	3,68 10^-73	1,84 10^-124

Tabla 2

Usando la información de la Tabla 1 y la Tabla 2, calcularemos la entropía para los siguientes casos:

a. Cálculo de la entropia de un agujero negro de tres masas solares.

b. Cálculo da la entropia de un agujero negro em el momento del Big Bang.

c. Cálculo de la entropia para una estrella de neutrones.

d. Cálculo de la entropia para una estrella enana blanca.

ECUACIÓN DE ENTROPÍA DE UN AGUJERO NEGRO:

$S = (K_B \times A) / 4\ Lp^2$

$A = 4 \times \pi \times Rs^2$

$Rs = (2 \times G \times M) / C^2$

- **$S = (4\pi K_B \times G^2 \times M^2) / Lp^2 \times C^4$ (1) Ecuación de entropia.**
- **$S = (\pi \times K_B \times Rs^2) / Lp^2$ (2) Ecuación de entropia.**

K_B = Constante de Boltzmann.

G = Constante universal gravitacional.

M = masa de un cuerpo a calcular la entropia.

Lp = Longitud de Planck.

C = Velocidad de la luz.

Rs = Radio de Schwarzschild.

Comentários:

Al aplicar la fórmula para calcular la entropía de un agujero negro, es importante

aclarar que la constante de Boltzmann utilizada corresponde a la constante de Boltzmann de un agujero negro y asume el siguiente valor, $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K.

a. CÁLCULO DE ENTROPÍA, DE UN AGUJERO NEGRO CON TRES MASAS SOLARES.

$M = 3\Theta = 6\ 10^{30}$ kg

$K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

$C = 3\ 10^{8}$ m/s

$Lp = 1{,}61\ 10^{-35}$ m

Usamos la siguiente ecuación para calcular la entropía:

$$\mathbf{S = (4\ \pi\ K_B \times G^2 \times M^2) / Lp^2 \times C^4}$$

Sustituyendo los valores de la Tabla 1 y la Tabla 2 tenemos:

$S = 4 \times 3{,}14 \times 1{,}78\ 10^{-43} \times 36\ 10^{60} \times 44{,}48\ 10^{-22} / (2{,}59\ 10^{-70} \times 81\ 10^{32})$

$S = 35799{,}49\ 10^{-5} / 209{,}79\ 10^{-38}$

- **$S = 1{,}70\ 10^{35}$ J/K**

b. CÁLCULO DE LA ENTROPÍA DE UN AGUJERO NEGRO EN EL MOMENTO DEL BIG BANG

$M = 1{,}20\ 10^{82}$ kg

$K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ j/k

$C = 3\ 10^{21}$ m/s

$Lp = 1{,}27\ 10^{-54}$ m

$Rs = 1{,}59\ 10^{30}$ m

Sustituyendo los valores en la fórmula de entropía tenemos:

$S = 4\ \pi\ K_B \times G^2 \times M^2 / (Lp^2 \times C^4)$

$S = 4 \times 3{,}14 \times 1{,}78\ 10^{-43} \times 1{,}44\ 10^{164} \times 44{,}48\ 10^{-22} / (1{,}61\ 10^{-108} \times 81\ 10^{84})$

$S = 1431{,}97\ 10^{99} / 130{,}41\ 10^{-24}$

$S = 1{,}098\ 10^{124}$

- **$S = 1{,}098\ 10^{124}$ J/K**

$S = \pi K_B \times Rs^2 / Lp^2$

$S = 3{,}14 \times 1{,}78\ 10^{-43} \times 2{,}52\ 10^{60} / 1{,}61\ 10^{-108}$

$S = 14{,}08\ 10^{17} / 1{,}61\ 10^{-108}$

- **$S = 8{,}74\ 10^{125}$ J/K**

c. CÁLCULO DE LA ENTROPÍA PARA UNA ESTRELLA DE NEUTRONES

$M = 2{,}2M\Theta = 4{,}4\ 10^{30}$ kg

Cálculo del radio de Schwarzschild.

$Rs = 2 \times G \times M / C^2$

$Rs = 2 \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 4{,}4\ 10^{30} / 9\ 10^{16} = 58{,}69\ 10^{30} / 9\ 10^{16} = 6{,}52\ 10^{3}$ m

$Rs = 6{,}52\ 10^{3}$ m

Cálculo de la entropia:

$S = \pi K_B \times Rs^2 / Lp^2$

$S = 3{,}14 \times 1{,}78\ 10^{-43} \times 42{,}51\ 10^{6} / 2{,}59\ 10^{-70}$

$S = 237{,}59\ 10^{-37} / 2{,}59\ 10^{-70}$

- **$S = 9{,}173\ 10^{34}$ J/K**

d. CÁLCULO DE LA ENTROPÍA PARA UNA ESTRELLA ENANA BLANCA.

$M = 1{,}2\ M\Theta = 2{,}4\ 10^{30}$ kg

Cálculo del radio de Schwarzschild:

$Rs = (2 \times G \times M) / C^2$

$Rs = 2 \times 6{,}67\ 10^{-11} \times 2{,}4\ 10^{30} / 9\ 10^{16} = 32{,}016\ 10^{30} / 9\ 10^{16} = 3{,}55\ 10^{3}$ m

$Rs = 3{,}55\ 10^{3}$ m

Cálculo de la entropia:

$S = \pi K_B \times Rs^2 / Lp^2$

$S = 3{,}14 \times 1{,}78\ 10^{-43} \times 12{,}60\ 10^{6} / 2{,}59\ 10^{-70}$

$S = 70{,}43\ 10^{-37} / 2{,}59\ 10^{-70}$

$S = 2{,}719\ 10^{34}$ J/K

Finalmente, en la Tabla 3, representaremos un resumen de los cálculos de entropía

para diferentes cuerpos estelares.

	MASSA (KG)	Rs (m)	Entropia (J/K)
ESTRELA ANÃ BRANCA	2,4 10^{30}	3,55 10^{3}	2,7 10^{34}
ESTRELA DE NEUTRON	4,4 10^{30}	6,52 10^{3}	9,1 10^{34}
BURACO NEGRO - 3Θ SOLAR	6,0 10^{30}	8,89 10^{3}	1,7 10^{35}
BURACO NEGRO - BIG BANG	1,2 10^{82}	1,59 10^{30}	8,7 10^{125}

Tabla 3

APÉNDICE 13: CÁLCULO DE LA VISCOSIDAD DEL PLASMA DE QUARKS-GLUONES UTILIZANDO EL FACTOR DE ESCALA DE LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Para entender cómo se calcula la viscosidad del plasma de quarks-gluones y así poder compararla con el método holográfico, en primer lugar, presentaremos un artículo que utilizaremos como base para poder realizar nuestro cálculo.

Similarity between the kinematic viscosity of quark-gluon plasma and liquids at the viscosity minimum

Kostya Trachenko[1], Vadim Brazhkin[2], Matteo Baggioli[3]

1 School of Physics and Astronomy, Queen Mary University of London, Mile End Road, London, E1 4NS, UK
2 Institute for High Pressure Physics, RAS, 108840, Troitsk, Moscow, Russia
3 Instituto de Fisica Teorica UAM/CSIC, c/Nicolas Cabrera 13-15, Universidad Autonoma de Madrid, Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain.
* Corresponding author: mbaggioli@ifae.es

March 22, 2021

Abstract

Recently, it has been found that the kinematic viscosity of liquids at the minimum, ν_m, can be expressed in terms of fundamental physical constants, giving ν_m on the order of 10^{-7} m^2/s. Here, we show that the kinematic viscosity of quark-gluon plasma (QGP) has a similar value and support this finding by experimental data and theoretical estimations. The similarity is striking, given that the dynamic viscosity and the density of QGP are about 16 orders of magnitude larger than in liquids and that the two systems have disparate interactions and fundamental theories. We discuss the implications of this result for understanding the QGP including the similarity of flow and particle dynamics at the viscosity minimum, the associated dynamical crossover and universality of shear diffusivity.

Contents

1 Introduction

The quark-gluon plasma (QGP) is a state of matter emerging above the deconfinement QCD transition at $T \approx 1.8 \times 10^{12}$ K [1]. It is produced by highly energetic collisions [2–4] and can be thought of as a plasma made of quarks and gluons. The inter-particle interactions in QGP are strong and can not be treated using conventional theoretical methods such as perturbation theory. Flow and viscosity are the properties of QGP which have probably been discussed most [5–12]. More recently, perturbative QCD and data-driven phenomenological approaches [13–18] were used to describe the viscosity of QGP. One indication of this analysis is that viscosity of QGP is temperature-dependent, and that this dependence is important to describe the experimental data.

In condensed matter physics, predicting liquid viscosity from theory and without modelling has not been possible for the same reason related to strong interactions. Liquid viscosity strongly depends on temperature and pressure. Viscosity is additionally strongly system-dependent and is governed by the activation energy barrier for molecular rearrangements, U, which in turn is related to the inter-molecular interactions and structure. This relationship in complicated in general, and no universal way to predict U and viscosity from first principles exists. This is appreciated outside the realm of condensed matter physics [19]. Tractable theoretical models describe the dilute gas limit of fluids where perturbation theory applies, but not dense liquids of interest here [20]. The same problem of strong interactions or, phrased differently, the absence of a small parameter, were believed to disallow a possibility of calculating liquid thermodynamic properties in general form [21]. For example, the theoretical calculation and understanding of the liquid energy and heat capacity has remained a long-standing problem [22] which started to lift only recently when new understanding of phonons in liquids came in [23].

Despite these complications, there is one particular regime of liquid dynamics where viscosity can be calculated in general form and, moreover, expressed in terms of fundamental physical constants. We have recently found [24] that the kinematic viscosity *at its minimum*, ν_m, is

$$\nu_m = \frac{1}{4\pi}\frac{\hbar}{\sqrt{m_e m}} \tag{1}$$

where m_e and m are electron and molecule masses.

The same Eq. (1) applies to the minimum of another transport property, thermal diffusivity. This is supported by a wide experimental data set [25].

The kinematic viscosity ν is equivalent to the diffusion constant of the shear diffusion mode D_s (transverse momentum diffusivity), and we will be referring to these properties interchangibly in this paper depending on the context. Eq. (1) follows from writing viscosity at the minimum in terms of two UV cutoff parameters, the interatomic separation and Debye vibration period, and subsequently using fundamental relations such as Bohr radius and Rydberg energy setting these UV parameters in condensed matter phases. For atomic hydrogen where m is given by the proton mass m_p, (1) results in the fundamental minimal kinematic viscosity as

$$\nu_m = \frac{1}{4\pi}\frac{\hbar}{\sqrt{m_e m_p}} \approx 10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}} \tag{2}$$

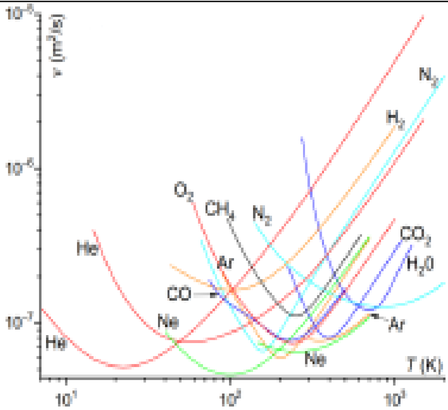


Figure 1: Experimental kinematic viscosity $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ of noble, molecular and network liquids showing minima around $\nu = 10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$. ν for H_2, H_2O and CH_4 are shown for pressure $P = 50$ MPa, 100 MPa and 20 MPa, respectively. ν for He, Ne, Ar and N_2 are shown at two pressures each: 20 and 100 MPa for He, 50 and 300 MPa for Ne, 20 and 100 MPa for Ar and 10 and 500 MPa for N_2. The minimum at higher pressure is above the minimum at lower pressure for each fluid. The experimental data of η and ρ are from Ref. [26].

We show the experimental kinematic viscosity for several liquids from Ref. [24] in Fig. 1. The experimental minima in Fig. 1, ν_m^{exp}, agree with Eq. (1) by a factor 0.5-3 for different liquids [24]. ν_m^{exp} are in the range of about

$$\nu_m^{exp} = (0.5 - 2) \cdot 10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}} \tag{3}$$

in agreement with (2).

Here, we show that the kinematic viscosity of the QGP has a value similar to ν in liquids at the minimum and close to $10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$ as in (2) and (3). We use experimental data as well as theoretical estimations to back up this result. The similarity is striking, given that the dynamic viscosity and the density of QGP are about 16 orders of magnitude larger than in liquids and that the two systems have very different interactions and fundamental theories. We discuss the implications of this result for understanding the QGP including the similarity of flow and particle dynamics at the viscosity minimum, the associated dynamical crossover and universality of shear diffusivity.

2 Kinematic viscosity

We make two preliminary observations which will become useful for the subsequent discussion. First, we recall the dynamics of particles at the minimum of the liquid viscosity where Eq.(1) applies. This minimum is related to the dynamical crossover [23,27,28] separating (a) the liquid-like dynamics combining oscillatory and diffusive components of molecular motion where viscosity decreases with temperature and (b) purely diffusive gas-like motion where the

viscosity increases with temperature. The crossover between these two regimes implies that viscosity has a minimum. These minima are experimentally seen in liquids, as illustrated in Fig.1. At the crossover where molecules lose the oscillatory component of motion and continuously move diffusively over distances comparable to an interatomic separation, the viscosity can be evaluated by assuming that the particle mean free path L is approximately equal to the inter-particle distance a. This results in Eq. (1), in agreement with the experimental viscosity minima [24]. This mechanism will become useful in the discussion below. We note that viscosity minimum also appears in a different mechanism involving relativistic hydrodynamics and considering the effects of short-wavelength hydrodynamic fluctuations [29]. The minimum in this picture is related to the breakdown of the hydrodynamics expansion [30]. A minimum for η/s was also discussed in holographic models where it corresponds to a transition between thermal gas background and a big black hole solution at high temperature [31], and in certain nuclear matter models [32,33].

Second, we observe that the minimal viscosity in liquids (1) is consistent with the uncertainty relation. As discussed above, the viscosity at the minimum corresponds to $L = a$ and can be written as $\eta = \rho v a \approx \frac{m}{a^3} v a \approx \frac{pa}{a^3}$, where p is the particle momentum and $\rho \approx \frac{m}{a^3}$ is density. Combining this with the uncertainty relation $pa \geq \hbar$ approximately gives $\eta \geq \frac{\hbar}{a^3}$, or

$$\nu_m \geq \frac{\hbar}{m} \tag{4}$$

Therefore, the uncertainty relation gives a weaker bound on ν as compared to ν_m in (1): $\frac{\hbar}{m}$ in (4) is smaller than ν_m in (1) by a factor $\frac{1}{4\pi}\left(\frac{m}{m_e}\right)^{\frac{1}{2}}$, which is in the range 5–23 for liquids shown in Fig. 2. For atomic hydrogen, Eq. (4) gives the lower bound approximately as

$$\nu_m \geq \frac{\hbar}{m_p} \approx 10^{-7}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}} \tag{5}$$

which is close to the experimental minima in (3).

We note that the uncertainty principle can also be applied to well-defined quasiparticles with a kinetic-theory description.

We now calculate the experimental value of kinematic viscosity of QGP. In a system with conserved number of particles, $\nu = \frac{\eta}{\rho}$, where η is dynamic viscosity and ρ is density. The density can be estimated in several ways. In a non-relativistic system with conserved particle number, $\rho = \frac{1}{c^2}\frac{E}{V}$, where $\frac{E}{V}$ is energy density (see Table (1)). This gives $\rho \approx 5 \cdot 10^{18}$ kg/m^3. We note the earlier discussion that the QGP energy density is not far from the energy density inside nucleons [34] and so the proton density can be used in the order-of-magnitude estimation (all our evaluations corresponds to order-of-magnitude evaluations) as $\rho = \frac{m_p}{a_p^3}$, where m_p and a_p are the proton mass and size. Using the values in Table 1, this estimate gives $\rho \approx 3 \cdot 10^{18}$ kg/m^3, close to the previous estimation, and $\nu \approx 10^{-7}\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$ as in (2) and (3).

Noting that the QGP is a relativistic charged fluid described by relativistic hydrodynamics [35], the diffusion constant of the shear diffusion mode D_s (transverse momentum diffusivity), is:

$$\nu \equiv D_s = \frac{\eta}{\chi_{\pi\pi}}, \quad \chi_{\pi\pi} = \epsilon + p \tag{6}$$

where $\chi_{\pi\pi}$ is momentum susceptibility given in terms of the energy density ϵ, p is pressure and we set $c = 1$.

E/V	1 GeV/fm^3 [34]
η	$5 \cdot 10^{11}$ Pa· s [8]
m_p	$1.67 \cdot 10^{-27}$ kg
a_p	$0.84 \cdot 10^{-15}$ m
a	$0.5 \cdot 10^{-15}$ m [36]
T_{QGP}	$2 \cdot 10^{12}$ K [8]

Table 1: Parameters used to estimate the properties of QGP.

Eq. (6), which can be formally derived using relativistic hydrodynamics [35], substitutes the non-relativistic expression $\nu = \eta/\rho$. ν in relativistic and non-relativistic case are identical under the replacement $\rho \to \epsilon + p$. The momentum susceptibility can be written by using the thermodynamic identity:

$$\epsilon + p = sT + \mu q \tag{7}$$

where μ and q are chemical potential and charge density, respectively. In the case of QGP, μ and q are the baryonic chemical potential μ_B and baryon number density B, respectively. In the part of the QCD phase diagram where the QGP is experimentally observed, the baryonic chemical potential is small, $\mu/T \ll 1$, and the second term μq can be neglected, leading to:

$$\chi_{\pi\pi} \approx sT \tag{8}$$

This can be seen as follows. The typical energy density of QGP is about $\epsilon \approx 1$ GeV/fm^3 = 1.6×10^{35} Pa. Assuming an approximate conformal equation of state, we have $\epsilon + p = \frac{4}{3}\epsilon \approx 2.1 \times 10^{35}$ Pa. We can compare this value to the r.h.s. of (7), where μ is the baryon chemical potential. Taking the QGP temperature as $T \approx 2 \times 10^{12}$ K and using the Kovtun-Son-Starinets (KSS) bound $\eta/s = \frac{1}{4\pi}\frac{\hbar}{k_B}$ [11, 12] [1](this bound also holds in the presence of finite charge density [37]), we obtain an estimate $sT \approx 1.8 \times 10^{35}$ Pa. This implies that the charge corrections are small and $sT \gg \mu q$. In particular, this approximation over-estimates the kinematic viscosity by 14%, which is within our other order-of-magnitude evaluations. In this regard, we recall temperature-dependent uncertainties of shear viscosity of QGP (see, e.g., Ref. [13]) and note that the full knowledge of thermodynamic parameters $(T, \mu_B, \dots)$ can improve the precision of evaluating ν_{QGP}.

Combining (6) and (8) gives

$$\nu_{QGP} \approx \frac{\eta}{sT} \tag{9}$$

Finally, $\frac{\eta}{s}$ can be evaluated using the experimental value for η/s as [9]:

$$\left.\frac{\eta}{s}\right|_{QGP} \approx \frac{3}{4\pi}\frac{\hbar}{k_B} = 3\left.\frac{\eta}{s}\right|_{KSS} \tag{10}$$

[1]Notice that this holographic computation does not rely on the presence of well-defined quasiparticles. Moreover, the computation can be performed in two independent ways: (I) by calculating directly the transport coefficients via Kubo formulas and (II) by obtaining the dispersion relation of the shear diffusive mode numerically. See Appendix A for details.

where $\frac{\eta}{s}\Big|_{\text{KSS}}$ is the KSS bound [11, 12]. This gives

$$\nu_{\text{QGP}} \approx \frac{3}{4\pi}\frac{\hbar c^2}{k_B T} \tag{11}$$

where we restored c.

We note that Eq. (11) contains the Planckian relaxation time $\tau_{\text{Pl}} = \frac{\hbar}{k_B T}$ which we will discuss later in the paper. Using the temperature of QGP from Table 1 gives the experimental value of kinematic viscosity of QGP, ν_{QGP}^{exp}, as

$$\nu_{\text{QGP}}^{exp} \approx 10^{-7}\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \tag{12}$$

as for liquids at the viscosity minimum in (2) and (3).

Given that the dynamic viscosity η and the density of QGP are about 16 orders of magnitude larger than in liquids and that the interactions in the two systems and their fundamental theories are very different, the similarity of ν is striking.

The similarity between the kinematic viscosity of liquids at the minimum and QGP viscosity is further illustrated in Fig. 2 where we show ν for a subset of liquids from Fig. 1 for clarity and plot ν as a function of temperature normalised by a characteristic temperature scale. We plot liquid ν as a function of $\frac{T}{T_c}$, where T_c is the temperature of the critical point and $\nu_{\text{QGP}}^{exp} \approx 10^{-7}\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ from Eq. (12) as a function $\frac{T_{\text{QGP}}}{T_{cr}}$, where T_{QGP} is given in Table 1 and $T_{cr} = 1.82 \times 10^{12}$ K is the temperature of the QCD chiral crossover [1]. As before, we observe the proximity of ν_{QGP}^{exp} to the minimum of ν in liquids.

We note that in a system with conserved particle number (a non-relativistic fluid), the viscosity η in Table 1 and ν_{QGP}^{exp} in (12) correspond to an equivalent density of about $\rho \approx 6.5 \cdot 10^{18}$ kg/m^3 and close to our previous density estimations.

Theoretically, we make two observations about ν of QGP. First, we note that experimental value of kinematic viscosity, $\nu_{\text{QGP}}^{exp} \approx 10^{-7}\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ in (12) is close to $\frac{\hbar}{m_p}$ in (5). Recall that (5) was derived for the liquid hydrogen system. In this system, particles setting viscosity are hydrogen atoms whose interaction is due to electromagnetic forces and whose size and interatomic separation are orders of magnitudes larger than those in the system of protons or partons. However, ν is insensitive to the nature of interactions and inter-particle separation in one particular state of the system. This state corresponds to the dynamical crossover where the mean free path L is comparable to the shortest inter-particle spacing a. As discussed earlier and elaborated on in more detail below, this regime corresponds to a very special regime of dynamics and to the dynamical crossover at the Frenkel line [23, 27, 28] where liquid viscosity is close to its minimum. We write viscosity at the crossover, η_c, as $\eta_c \approx \rho v a$, where v is the average velocity of particles and a is inter-particle distance. Using $\rho \approx m/a^3$ gives $\eta = \frac{p}{a^2}$, where p is particle momentum. Estimating p as $p \approx \hbar/a$ from the uncertainty relation gives $\eta = \frac{\hbar}{a^3}$ and ν at the crossover, ν_c, as

$$\nu_c \approx \frac{\hbar}{m} \tag{13}$$

which depends on the particle mass only but not on the inter-particle separation or the nature of interactions. Setting $m = m_p$ gives $\nu_c \approx 10^{-7}\ \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ as in (12).

Second, the same result for ν of about $10^{-7}\ \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ in Eq. (12) follows from the estimation of the diffusion constant that features in the mean-square displacement of particle motion,

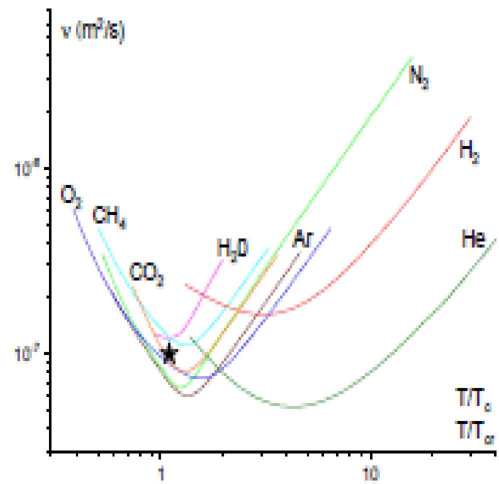


Figure 2: Experimental kinematic viscosity $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ of noble, molecular and network liquids plotted as a function of T/T_c, where T_c is the critical temperature [26]. ν are shown at the following pressures: 20 MPa (Ar), 100 MPa (H_2O), 10 MPa (N_2), 30 MPa (O_2), 20 MPa (CH_4), 50 MPa (H_2), 20 MPa (He) and 30 MPa (CO_2). The star shows ν_{QCP}^{exp} from Eq. (12) at temperature T_{QCP}/T_{cr}, where T_{QCP} is in Table 1 and T_{cr} is the temperature of the QCD chiral crossover $T_{cr} = 1.82 \times 10^{12}$ K [1].

D. We note that D is generally different from D_s in Eq. (6). D coincides with ν and D_s in the gas-like regime of particle dynamics at high temperature where the same momentum transfer mechanism governs both Navier-Stokes and diffusion equations [38] (D and ν are different in the liquid-like regime at low temperature, where viscosity is $\propto 1/D$). At low temperature where particle dynamics combines oscillatory motion and diffusive jumps between quasi-equilibrium positions and where relaxation time τ is the time between these jumps, $D \approx \frac{a^2}{\tau}$ [38] (we note that τ bears no relation to the Israel-Stewart relaxation time τ_π appearing in higher-order relativistic hydrodynamics to overcome the well-known causality problems of the first-order linearised formulation). As temperature increases and τ becomes comparable to the shortest timescale in the system τ_0 (in liquids τ_0 is on the order of Debye vibration period of about 0.1 ps), the oscillatory component of particle motion is lost and particles start moving continuously, corresponding to the dynamical crossover discussed above and the Frenkel line [23, 27, 28]. At the crossover, $D \approx \frac{a^2}{\tau_0}$. The same result follows for the kinematic viscosity $\nu_c = va$ in the regime $L = a$ at the dynamical crossover if v at the crossover is written as $v \approx \frac{a}{\tau_0}$. Approximating the inter-parton distance $a = 0.5$ fm [36] by a_p gives $D = \nu_c \approx \frac{a_p^2}{\tau_0}$. If we relate the shortest timescale τ_0 to the Planckian relaxation time [39]:

$$\tau_{\rm Pl} = \frac{\hbar}{k_B T} \tag{14}$$

we find

$$D = \nu_c = \frac{a_p^2}{\hbar} k_{\rm B} T_{\rm QGP} \tag{15}$$

The timescale $\tau_{\rm Pl}$ was related to several fundamental physical phenomena, including the linear resistivity of strange metals [40], universal bounds on quantum chaos [41], bounds on diffusion [42–44], SYK model [45], magic bilayer graphene [46], black holes [47] and holography [48]. $\tau_{\rm Pl}$ can also appear in transport properties using semi-classical microscopic physical arguments.[2] This is different to the AdS-CFT approach where this timescale emerges from emergent IR criticality [49] and which contrasts experimental results [50] of Planckian transport in high-temperature thermal conductivity where phonons behave classically.

Using the temperature of QGP (see Table 1) gives D in (15) as $D \approx 10^{-7}\mathrm{m}^2/\mathrm{s}$ as in (12).

A very small relaxation time $\tau_{\rm Pl} = \frac{\hbar}{k_B T_{\rm QGP}} \approx 0.4 \cdot 10^{-23}$ s interestingly contrasts with large experimental viscosity of QGP, $\eta_{\rm QGP} = 5 \cdot 10^{11}$ Pa·s, which is close to liquid viscosity at the liquid-glass transition. In liquids, this viscosity corresponds to liquid relaxation time $\tau_l = 50 - 500$ s, as follows from using the Maxwell relation $\eta = G\tau$ and a typical high-frequency liquid shear modulus $G = 1 - 10$ GPa. τ_l is close to that of the solid glass around the liquid-glass transition and is about 15-16 orders of magnitude larger than the shortest time scale of the system given by the Debye vibration period τ_0 on the order of 0.1 ps. Applying the Maxwell relation to QGP, $\eta_{\rm QGP} = G\tau_{\rm Pl}$, gives $G \approx 10^{35}$ Pa. Combining it with $G = \chi_{\pi\pi} v^2$, where we neglected pressure in the relativistic case as before, and using $\chi_{\pi\pi}$ from above gives the transverse speed of sound v close to the speed of light.

Therefore, in condensed matter terms, the QGP is an ultra-dense matter with relativistic speed of excitations but familiar kinematic viscosity close to that in liquids at the minimum and dynamic viscosity close to the system at the liquid-glass transition.

[2] We thank Jan Zaanen for pointing this out.

3 Discussion

3.1 Universality

We now discuss the implications of these results. We first note that kinematic viscosity of liquids at the minimum ν_m in Eq. (1) does not depend on the electron charge setting the energy of electromagnetic interactions in liquids and the inter-particle separation. These two parameters cancel out in the calculation involving the Rydberg energy and Bohr radius [24]. Another way to see why the charge and inter-particle separation do not feature in ν_m is to recall that $\nu_m \propto Ea^2$, where E, the characteristic energy of electromagnetic interaction, can be written as $E = \frac{\hbar^2}{2m_e a^2}$ using the uncertainty principle and observe that ν_m depends on particle mass only [24]. This implies that ν_m applies to systems with different types of inter-particle interactions and distances.

We also observe that Eq. (13) with $m = m_p$ gives the same result for the liquid hydrogen at the viscosity minimum and for the QGP. This intriguingly implies that useful insights into dynamical and transport properties of the QGP can be gained using the concepts from condensed matter systems such as ordinary liquids, despite different interactions and different fundamental theory governing the QGP.

Second, the similarity of the kinematic viscosity of liquids at the minimum and $\nu_{\rm QGP}^{\rm exp}$ implies similar flow dynamics. In the non-relativistic case, the shear velocity field is governed by Navier-Stokes equation $\rho\frac{Dv}{Dt} = \eta\nabla^2 v$, which depends on $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ only. ν also features in the Reynolds number, which governs the dynamical similarity of flows. In the relativistic hydrodynamics relevant to the QGP, the dynamics of shear modes comes from the conservation of the stress energy tensor [35]: $\partial_\mu T^{\mu\nu} = 0$, resulting in the diffusive motion for the shear modes as $\omega_s = -iD_s k^2$, with the difference that in the relativistic case $D_s = \frac{\eta}{\epsilon+p}$ rather than $D_s = \frac{\eta}{\rho}$. As discussed above, the two diffusion constants are approximately similar in the range of QGP parameters.

The last point suggests the universality of D_s in terms of its applicability to both relativistic and non-relativistic systems as discussed earlier. Indeed, it was suggested [42] that ν, or transverse momentum diffusivity D_s, is a universal property in a sense that it applies to both relativistic and non-relativistic cases, generalizing the previous discussion of relativistic bounds [11] used to discuss the properties of QGP and other systems. The quantitative similarity of ν_m of two vastly different systems found here supports this view.

3.2 Dynamical crossover at the Frenkel line

In deriving (13) and (15), we assumed that the mean free path is about the same as the inter-particle distance or $\tau \approx \tau_0$. From the condensed matter perspective, this corresponds to a particular regime of particle dynamics of liquids and a particular line on the phase diagram. In this regime, the system is outside the low-temperature regime where particles have a combined oscillatory and diffusive motion and where viscosity *decreases* with temperature and varies by 16 orders of magnitude (relaxation time varies between 10^3 s at the glass transition and about 0.1 ps at high temperature). The system is also outside the gas-like regime where the mean free part exceeds inter-particle separation and viscosity *increases* with temperature and becomes infinite in the ideal-gas limit [8]. Instead, the liquid is finely tuned to be in between these two regimes and at the *crossover* between the liquid-like and gas-like motion where the oscillatory motion is just lost and the particle mean free path is comparable to the inter-

atomic separation and where viscosity has minima as in Fig. 2. The crossover corresponds to the Frenkel line on the phase diagram separating gas-like and liquid-like states of liquids and supercritical fluids [23,27,28]. We note that although viscosity minima in Fig. 1 and 2 is due to the crossover between the liquid-like and gas-like particle motion, the temperature and pressure of the viscosity minimum may depend on the path taken on the phase diagram [23]).

In addition to the minima of kinematic viscosity [24] and thermal diffusivity [25], the crossover at the Frenkel line has important implications for collective modes and thermodynamic properties. At the Frenkel line, liquid relaxation time becomes comparable to shortest Debye vibration period [23,27,28]. This implies that the k-gap which emerges in the transverse phonon spectrum becomes close to the largest wavevector set by the interatomic separation in the system (UV cutoff). As a result, all transverse waves disappear from the spectrum [23,51]. This disappearance corresponds to a special value of specific heat of $c_v = 2k_B$ in the harmonic classical case.

Guided by theoretical prediction, subsequent experiments have confirmed the transition at the Frenkel line in supercritical Ne [52], CH_4 [53], N_2 [54], C_2H_6 [55] and CO_2 [56] using X-ray, neutron and Raman scattering techniques.

In view of current interest and experiments to ascertain the critical point of QGP as well as supercritical behavior of QGP, it is interesting to explore to what extent the dynamical crossover at the Frenkel line applies to the QGP phase diagram.

Having made the assumption that the system is at the dynamical crossover, we found that (a) the calculated ν of QGP is close to the experimental value of $\nu_{\mathrm{QGP}}^{\mathrm{exp}}$ in (12) and (b) these values are close to both experimental and theoretical kinematic viscosity in liquids at the minimum ν_m. This similarity gives an insight into the dynamics of QGP at experimental conditions. The analogy with liquids, if appropriate to pursue further, would indicate that the currently measured QGP is interestingly close to the *dynamical crossover* between the liquid and gas-like states. The analogy with liquids would also indicate that future experiments at higher energy may lift the system from the dynamical crossover into the gas-like regime, corresponding to the increase of fluid viscosity in Fig. 2, and will detect a viscous response consistent with gas-like dynamics. In fluids, this regime starts to the right from the minima in Fig. 2.

We note that sufficiently close to the minima and dynamical crossover, the system is dense, strongly-interacting and non-perturbative, with accompanying problems of theoretical description. Hence the insights regarding the dynamical crossover may be useful and can be further explored in lattice calculations.

Acknowledgements

We thank K. Behnia, A. Buchel, S. Cremonini, S. Hartnoll, K. Landsteiner, P. Romatschke, K. Schalm and J. Zaanen for fruitful discussions and interesting comments. K. T. thanks EPSRC for support. M. B. acknowledges the support of the Spanish MINECO's "Centro de Excelencia Severo Ochoa" Programme under grant SEV-2012-0249.

A Kinematic viscosity from holography

The kinematic viscosity of a fluid corresponds to its transverse momentum diffusion constant, which in a relativistic system is [35]:

$$D_s = \frac{\eta}{\chi_{\pi\pi}} \tag{16}$$

where $\chi_{\pi\pi} = \epsilon + p$ is momentum susceptibility.

In a neutral relativistic fluid $\epsilon + p = sT$, giving:

$$\nu = D_s = \frac{\eta}{sT} \tag{17}$$

which is exact in a neutral system.

In the presence of background charge density, the momentum susceptibility is modified, and the kinematic viscosity becomes

$$\nu = \frac{\eta}{sT + \mu\rho} \tag{18}$$

with μ, ρ the chemical potential and charge density. Since both these quantities are positive, the kinematic viscosity in a charged fluid is always smaller than in a neutral fluid.

These observations can be verified using the holographic framework [57, 58]. Kinematic viscosity in holography can be calculated in two different ways:

1. by using the Kubo formula for viscosity

$$\eta = -\lim_{\omega \to 0} \frac{1}{\omega} \langle T_{xy} T_{xy} \rangle (\omega, k = 0) \tag{19}$$

   and extracting the energy density and pressure from the thermodynamic data corresponding to the thermal black hole geometry;

2. by direct numerical computation of the shear diffusion mode with dispersion relation $\omega = -iD_s k^2 + \ldots$.

The two methods give the same result consistent with the formal discussion above. In Fig. 3, we show an example of the results obtained in holography using a Reissner-Nordstrom charge black hole background.

Ahora que hemos presentado el artículo científico que vamos a usar como base, nuestra referencia, comencemos nuestro cálculo de viscosidad.

Usando las fórmulas que se encuentran en el artículo científico tenemos:

ɲ = Viscosidad de corte o cisallamiento.

VQGP = Viscosidad cinemática.

VQGP = 3 x h x c^2 / (4 x π x K_B x T) (1)

ɲ / S = VQGP x T, relación viscosidad entropia. (2)

Estas son las fórmulas que vamos a utilizar para calcular la viscosidad.

En este libro planteamos la hipótesis que los agujeros negros están formados por un plasma de quarks y gluones, en una configuración especial y teniendo en cuenta estas hipótesis realizaremos los siguientes cálculos con la ayuda de la siguiente tabla:

Item	T	CG	C	IMaI	IMrI	IMsI	IEaI	IErI	IEsI	Rsr	Rss
0	kelvin	m/s	m/s	kg	kg	kg	Joule	Joule	Joule	m	m
1	10^13	3 10^8	3 10^8	6,00 10^30	0	6,00 10^30	5,40 10^47	0	5,40 10^47	8,89 10^3	8,89 10^3
2	10^14	3 10^10	3 10^8	6,00 10^35	6,00 10^39	6,00 10^39	5,40 10^52	5,40 10^56	5,40 10^56	8,89 10^8	8,89 10^8
3	10^17	3 10^13	3 10^8	6,00 10^41	6,00 10^51	6,00 10^51	5,4010^58	5,40 10^68	5,40 10^68	8,89 10^14	8,89 10^14
4	10^21	3 10^15	3 10^8	6,00 10^43	6,00 10^57	6,00 10^57	5,40 10^60	5,40 10^74	5,40 10^74	8,89 10^16	8,89 10^16
8	1 10^26	3 10^17	3 10^8	6,00 10^44	6,00 10^62	6,00 10^62	5,40 10^61	5,40 10^79	5,40 10^79	8,89 10^17	8,89 10^17
9	2 10^26	3 10^18	3 10^8	3,00 10^47	3,00 10^67	3,00 10^67	2,70 10^64	2,70 10^84	2,70 10^84	4,44 10^20	4,44 10^20
10	3 10^26	3 10^20	3 10^8	2,00 10^53	2,00 10^77	2,00 10^77	1,80 10^70	1,80 10^94	1,80 10^94	2,96 10^26	2,96 10^26
11	4 10^26	9 10^20	3 10^8	4,05 10^54	3,64 10^79	3,64 10^79	3,64 10^71	3,28 10^96	3,28 10^96	6,00 10^27	6,00 10^27
12	5 10^26	3 10^21	3 10^8	1,20 10^56	1,20 10^82	1,20 10^82	1,08 10^73	1,08 10^99	1,08 10^99	1,59 10^30	1,59 10^30

Tabla 1

a. CÁLCULO DE LA VISCOSIDAD DEL PLASMA DE QUARKS Y GLUONES

I. $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K

VQGP = 3 x h x c^2 / (4 x π x K_B x T x (2 x π)), ħ = h / (2π)

$c = 3\ 10^{8}$ m/s

$T = 10^{13}$ K

$h = 6{,}62\ 10^{-34}$ (m^2 x kg) / s

VQGP = (3 x 6,62 10^{-34} x 9 10^{16}) / (4 x 3,14 x 1,78 10^{-43} x 10^{13} x (2 x 3,14)) =

VQGP = (178,74 10^{-18}) / (140,40 10^{-30})

$VQGP = 1,27\ 10^{12}$

$ɲ/s = VQGP \times T$; Aplicando la siguiente formula tenemos:

$ɲ/s = 1,27\ 10^{12} \times 10^{13} = 1,27\ 10^{25}$

$ɲ/s = 1,27\ 10^{25}$; relación viscosidad-entropia.

II. Para $K_B = 1,38\ 10^{-23}$ J/K.

$VQGP = (3 \times h \times c^2) / (4 \times \pi \times K_B \times T \times (2 \times \pi))$

$c = 3\ 10^8$ m/s

$h = 6,62\ 10^{-34}\ (m^2 \times kg) / s$

$VQGP = (3 \times 6,62\ 10^{-34} \times 9\ 10^{16}) / (4 \times 3,14 \times 1,38\ 10^{-23} \times 10^{13} \times 2 \times 3,14) =$

$VQGP = (178,74\ 10^{-18}) / (108,84\ 10^{-10})$

$VQGP = 1,64\ 10^{-8}$

$ɲ/s = VQGP \times T$; Aplicando la siguiente fórmula, tenemos:

$ɲ/s = 1,64\ 10^{-8} \times 10^{13} = 1,64\ 10^5$

$ɲ/s = 1,64\ 10^5$, relación viscosidad-entropia.

b. CÁLCULO DE LA VISCOSIDAD DEL PLASMA DE QUARKS Y GLUONES DE UN AGUJERO NEGRO EN EL INSTANTE QUE EXPLOTA Y PRODUCE EL BIG BANG

Usamos la fórmula número (1) y los datos de la Tabla 1.

III. Para $K_B = 1,78\ 10^{-43}$ J/K

$VQGP = (3 \times h \times c^2) / (4 \times \pi \times K_B \times T \times (2 \times \pi))$, $\hbar = h / (2\pi)$

$c = 3\ 10^{21}$ m/s

$T = 10^{26}$ K

$h = 6,62\ 10^{-34}\ (m^2 \times kg) / s$

$VQGP = (3 \times 6,62\ 10^{-34} \times 9\ 10^{42}) / (4 \times 3,14 \times 1,78\ 10^{-43} \times 10^{26} \times (2 \times 3,14))$

$VQGP = 1,22\ 10^{25}$

$ɲ/s = VQGP \times T$; Aplicando la siguiente formula tenemos:

$ɲ/s = 1,22\ 10^{25} \times 10^{26} = 1,22\ 10^{51}$

$ɲ / s = 1,22\ 10^{51}$; relación viscosidad-entropía.

IV. Para $K_B = 1,38\ 10^{-23}$ J/K.

$VQGP = (3 \times h \times c^2) / (4 \times \pi \times K_B \times T \times (2 \times \pi))$

$c = 3\ 10^{21}$ m/s

$T = 10^{26}$ K

$h = 6{,}62\ 10^{-34}\ (m^2 \times kg) / s$

$VQGP = (3 \times 6{,}62\ 10^{-34} \times 9\ 10^{42}) / (4 \times 3{,}14 \times 1{,}38\ 10^{-23} \times 10^{26} \times (2 \times 3{,}14))$

$VQGP = (178{,}74\ 10^{8}) / (108{,}84\ 10^{3})$

$VQGP = 1{,}64\ 10^{5}$

ɲ/s = VQGP x T; Aplicando la siguiente formula tenemos:

ɲ / s = 1,64 10^{31}, relación viscosidad-entropía.

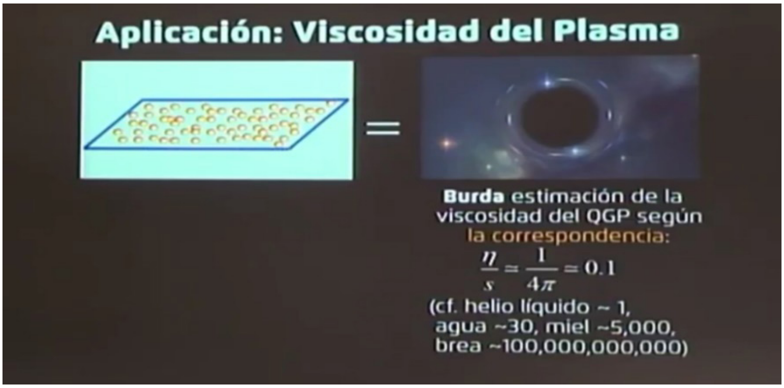


Figura 1

Comentários:

Si observamos la Figura 1, veremos que la viscosidad del plasma QGP, por el método holográfico, es ɲ/s = 0,1; menos que el helio líquido (superfluido) y menos que el agua. Nos preguntamos, ¿es correcto este valor? ¿Será que un agujero negro con una densidad de aproximadamente 10^{21} kg/m³, densidad similar a la del plasma QGP se comporta como un superfluido cuya viscosidad es inferior a la del helio líquido?

En la página 187 de este libro, se calculó la temperatura crítica para el condensado de Bose-Einstein del átomos de rubidio para los siguientes valores de la constantes de Boltzmann, $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K y $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K, ambos valores de la constante de de Boltzmann indican que hay dos tipos de temperaturas que permiten la creación de un condensado Bose-Einstein:

- $T_{c, min} = 170\ 10^{-9}$ K, temperatura crítica mínima del condensado de Bose-Einstein para bajas temperaturas, con átomos de rubidio.

- Tc, máx = 0,95 10^{13} K, temperatura crítica máxima del condensado de Bose--Einstein para altas temperaturas con átomos de rubidio.

Llegados a este punto, tenemos que aclarar que un agujero negro es un plasma QGP, un condensado de Bose-Einstein de alta temperatura en el que los quarks se comportan como si fueran libres, generando una cascada de gluones de energía infinita, formando el estado de la matria mas enérgrtico que existe en el universo.



Figura 2

Si volvemos a mirar la Figura 1, vemos que la viscosidad ɲ/s = 10^{11} para la brea, en nuestro cálculo en A), para un agujero negro de 3 masas solares, una densidad de aproximadamente 10^{21} kg/m^3, el valor de la viscosidad es del orden de ɲ/s = 10^{25}; Interpreto que este valor es más acorde con la realidad, es el valor correcto, teniendo en cuenta la densidad y la entropía.

Tratemos de entender por qué el comportamiento del plasma de quarks y gluones se parece al de un superfluido. Si recordamos cómo generamos el factor de escala de la constante de Boltzmann, a medida que la materia gana energía y pasa por los estados de una estrella enana blanca, estrella de neutrones, hasta formar un plasma QGP; vemos que la constante de Boltzmann cambia de K_B = 1,38 10^{-23} J/K a 1,78 10^{-43} J/K; esto nos da una idea de como de compactificada o concentrada esta la masa (gana energía) y cómo de curvado esta el espacio-tiempo. Esta curvatura del espacio-tiempo es proporcional a la cantidad de energía que gana la masa y podemos compararla con un resorte que se comprime.

Cuando producimos el QGP en un acelerador de partículas, el plasma de quarks-gluones tiene energía almacenada pero este estado no es estable y en este punto el QGP

tiene una constante de Boltzmann aproximada $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K. Para que el espacio-tiempo curvo y la materia vuelvan a su estado estable, la constante de Boltzmann debe pasar de $K_B = 1{,}78\ 10^{-43}$ J/K a $1{,}38\ 10^{-23}$ J/K, es decir, en este punto toda la energía almacenada en el el resorte comprimido se libera hasta que alcanza su estado natural, es decir, hasta que la constante de Boltzmann alcanza el valor de $K_B = 1{,}38\ 10^{-23}$ J/K. Es esta energía la que hace que QGP parezca un superfluido, pero en realidad, si consideramos el factor de escala de la constante de Boltzmann, veremos que $\eta/s = 1{,}27\ 10^{25}$ (relación viscosidad-entropía). Las energías involucradas en este proceso son muy grandes.

No puedo imaginar cómo algo que tiene una densidad del orden de 10^{21} kg/m^3 se comporta como un superfluido con una viscosidad inferior a la del helio líquido.

Posiblemente, en la constante de Boltzmann K_B esté la respuesta al valor erróneo dado por el método holográfico para calcular la viscosidad del QGP, $\eta/s = 0{,}1$; dejo al lector que saque sus propias conclusiones.

APÉNDICE 14: INTERACCIÓN DE QUARKS Y GLUONES - INTERPRETACIÓN FÍSICA PERSONAL

En esta sección del libro, explicaremos cómo se relacionan los quarks y los gluones dentro de un protón, neutrón, barión Δ y agujeros negros.

Vamos a dejar en claro que esta interpretación está fuera de la teoría formal de quarks y gluones (QCD), es totalmente personal.

1. INTERACCIÓN DE QUAKS Y GLUONES EN UN PROTÓN Y NEUTRO

Hipótesis 1: Si consideramos un protón, UUD, supondremos que la interacción entre los quarks dentro de un protón se realiza a través de los antiquarks y gluones, como se muestra en la siguiente figura.

RBG
UUD
ŪŪĎ
$R^-B^-G^-$

Figura 1

Con base en la Figura 1, en la que se muestran los quarks, antiquarks y gluones, determinaremos las siguientes relaciones:

Interacción 2: UŪ, UĎ, UŪ, UĎ, DŪ e DŪ = 2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interacción 1: UŪ, UŪ e DĎ = 2UŪ + DĎ = 98

Si consideramos los gluones, estas interacciones se pueden representar en la siguiente figura:

CARGA	PROTON = 1										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UUD		U	U	D		U	U	U	U	D	D
ŪŪĎ		Ū	Ū	Ď		Ū	Ď	Ū	Ď	Ū	Ū
$R^-B^-G^-$		R^-	B^-	G^-		B^-	G^-	R^-	G^-	R^-	B^-
m(Mev/c^2)	938	98				840					
		32,33	32.33	33,33		140	140	140	140	140	140

Figura 2

Ahora, explicaremos cómo se relacionan los quarks y los gluones dentro de un neutrón.

Hipótesis 2: si consideramos un neutrón, UDD, supondremos que la interacción entre los quarks dentro de un neutrón se realiza a través de los antiquarks y gluones, como se muestra en la siguiente figura.

RBG
UDD
ŪĎĎ
$R^-B^-G^-$

Figura 3

Con base en la Figura 3, en la que se muestran los quarks, antiquarks y gluones, determinaremos las siguientes relaciones:

Interacción 2: UĎ, UĎ, DŪ, DĎ, DŪ e DĎ = 2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interacción 1: UŪ, DĎ e DĎ = 2DĎ + UŪ = 99

Si consideramos los gluones, estas interacciones se pueden representar en la siguiente figura:

CARGA	NEUTRON = 0										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UDD		U	D	D		U	U	D	D	D	D
ŪĎĎ		Ū	Ď	Ď		Ď	Ď	Ū	Ď	Ū	Ď
$R^-B^-G^-$		R^-	B^-	G^-		B^-	G^-	R^-	G^-	R^-	B^-
m(Mev/c^2)	939	99				840					
		32,33	33,33	33,33		140	140	140	140	140	140

Figura 4

Teniendo en cuenta la Figura 2 y la Figura 4, es decir, la interacción entre quarks y gluones, generaremos las siguientes ecuaciones:

Para el proton:

UUD
ŪŪĎ

UŪ + UŪ + UĎ + UŪ + UŪ +UĎ + DŪ +DŪ + D

2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

2UŪ + DĎ = 98

Para el neutron:

UDD
ŪĎĎ

UŪ + UĎ + UĎ + DŪ + DĎ + DĎ + DŪ + DĎ + DĎ

2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

2DĎ + UŪ = 99

Teniedo en cuenta que:

mp = 938 MeV/c^2, masa del proton.

mn = 939 MeV/c^2, masa del neutron.

mπ (+/-) = 140 MeV/c^2, masa del píon (+/-).

mπ (°) = 135 MeV/c^2, masa del píon neutro.

π (+) = UĎ

π (-) = DŪ

π (°) = UŪ + DĎ

2UŪ + DĎ = 98

2DĎ + UŪ = 99

DĎ = 98 - 2UŪ

2(98 – 2UŪ) +UŪ = 99

196 – 4UŪ + UŪ = 99

3UŪ = 196 – 99 = 97

UŪ = 32,33 MeV/c^2

DĎ = 98 – 2UŪ

DĎ = 98 – 64,66

DĎ = 33,33 MeV/c^2

Si analizamos la siguiente ecuación y observamos la Figura 2 y la Figura 4, tenemos:

2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

UŪ = 140 MeV/c²

UĎ = 140 MeV/c²

DŪ = 140 MeV/c²

Si observamos los valores de UŪ y DĎ para la Interacción 1, vemos que son diferentes de los valores dados de UŪ y DĎ para la Interacción 2 y esto se debe a la interacción con los gluones.

Analicemos esto en las siguientes figuras:

Interacción 2:

SEQUÊNCIA DE TROCA DE GLUON EM UM PRÓTON															
	1	R B̄	R B̄	Ḡ B	R Ḡ	R̄ B	B Ḡ	R̄ G	B R̄	B̄ G	G R̄	B̄ R	G B̄	Ḡ R	R B̄
		U Ū	U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū
	2	R Ḡ	R Ḡ	R̄ B	B Ḡ	R̄ G	B R̄	B̄ G	G R̄	B̄ R	G B̄	Ḡ R	R B̄	Ḡ B	R Ḡ
		U Ď	U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď
RBG															
UUD	4	B R̄	B Ḡ	R̄ G	B R̄	B̄ G	G R̄	B̄ R	G B̄	Ḡ R	R B̄	Ḡ B	R Ḡ	R̄ B	B Ḡ
ŪŪĎ		U Ū	U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď		U Ď
R̄B̄Ḡ															
	3	B Ḡ	B R̄	B̄ G	G R̄	B̄ R	G B̄	Ḡ R	R B̄	Ḡ B	R Ḡ	R̄ B	B Ḡ	R̄ G	B R̄
		U Ď	U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū		U Ū
	5	G R̄	G R̄	B̄ R	G B̄	Ḡ R	R B̄	Ḡ B	R Ḡ	R̄ B	B Ḡ	R̄ G	B R̄	B̄ G	G R̄
		D Ū	D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū
	6	G B̄	G B̄	Ḡ R	R B̄	Ḡ B	R Ḡ	R̄ B	B Ḡ	R̄ G	B R̄	B̄ G	G R̄	B̄ R	G B̄
		D Ū	D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū		D Ū

Figura 5

Interacción 1:

R R̄	R̄ R	R R̄	2 U Ū
U Ū		U Ū	
			1 D Ď
B B̄	B̄ B	B B̄	
U Ū		U Ū	
G Ḡ	Ḡ G	G Ḡ	
D Ď		D Ď	

Figura 6

Si observamos la figura 5, veremos que los quarks están relacionados a través de

gluones que aunque no tienen masa, vemos que tienen carga. Ahora, si analizamos las interacciones de los quarks en la Figura 6, veremos que están relacionados con gluones que no tienen masa ni carga, son análogos a los fotones y estos gluones son los que cobran relevancia en el caso de los agujeros negros.

R	ROJO
B	AZUL
G	VERDE
R^{-}	ANTI-ROJO
B^{-}	ANTI-AZUL
G^{-}	ANTI-VERDE
U	QUARK UP
Ū	ANTI-QUARK UP
D	QUARK DOWN
Ď	ANTI-QUARK DOWN

Figura 7

MATERIA

RR	RB	RG
BR	BB	BG
GR	GB	GG

ANTIMATERIA

$R^{-}R^{-}$	$R^{-}B^{-}$	$R^{-}G^{-}$
$B^{-}R^{-}$	$B^{-}B^{-}$	$B^{-}G^{-}$
$G^{-}R^{-}$	$G^{-}B^{-}$	$G^{-}G^{-}$

Figura 8

INTERAÇÕES DOS GLUONES

É UMA MATRIX, 9 COMBINAÇÕES

	R	B	G
R^{-}	RR^{-}	BR^{-}	GR^{-}
B^{-}	RB^{-}	BB^{-}	GB^{-}
G^{-}	RG^{-}	BG^{-}	GG^{-}

Figura 9

2. INTERACCIÓN DE QUAKS E GLUONES – BARION Δ

Nome:	Simbolo:	Quark constituinte:	massa em repouso (MeV/c²)	I	J^P	Q (e)	S	C	B'	T	vida média (s)	geralmente decai para:
Delta	Δ^{++}	uuu	1232 ± 1	$3/2$	$3/2^+$	2	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	Próton + Pion(positivo)
Delta	Λ^{+}	uud	1232 ± 1	$3/2$	$3/2^+$	1	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	pion e próton ou pion e nêutron
Delta	Λ°	udd	1232 ± 1	$3/2$	$3/2^+$	0	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	pion e nêutron ou pion e próton
Delta	Λ^{-}	ddd	1232 ± 1	$3/2$	$3/2^+$	-1	0	0	0	0	5,58 ± 0,09 × 10^{-24}	nêutron e pion

Figura 10

Hipótesis 3: La interacción de los quarks en el Barión Δ++ = 2, Δ+ = 1, Δ° = 0 y Δ^- = -1, también se realiza a través de los antiquarks y gluones, del mismo modo que en el protón y el neutrón, como se muestra en las siguientes figuras.

RBG
UUU
ŪŪŪ
R¯B¯G¯

Figura 11, Barion Δ++ = 2.

RBG
UUD
ŪŪĎ
R¯B¯G¯

Figura 12, Barion Δ+ = 1.

RBG

UDD

ŪĎĎ

$R^{-}B^{-}G^{-}$

Figura 13, Barion Δ° = 0.

RBG

DDD

ĎĎĎ

$R^{-}B^{-}G^{-}$

Figura 14, Barion Δ^{-} = -1.

Para realizar los siguientes cálculos, utilizaremos los valores de la tabla de la Figura 10.

Con base en la Figura 12, Barion Δ+ = 1, en la que se muestran quarks, antiquarks y gluones, determinaremos las siguientes relaciones:

Interacción 2: UŪ, UĎ, UŪ, UĎ, DŪ e DŪ = 2UŪ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interacción 1: UŪ, UŪ e DĎ = 2UŪ + DĎ = 392

Con base en la Figura 13, Barion Δ° = 0, en la que se muestran quarks, antiquarks y gluones, determinaremos las siguientes relaciones:

Interacción 2: UĎ, UĎ, DŪ, DĎ, DŪ e DĎ = 2DĎ + 2UĎ + 2DŪ = 840

Interacción 1: UŪ, DĎ e DĎ = 2DĎ + UŪ = 392

Tenido en cuenta que:

m (Δ+ = 1) = 1232 MeV/c^2, masa del barions.

m (Δ° = 0) = 1232 MeV/c^2, masa del barions.

mπ (+/-) = 140 MeV/c^2

mπ (°) = 135 MeV/c^2

π (+) = UĎ

π (-) = DŪ

π (°) = UŪ + DĎ

Hecemos el siguiente cálculo:

2UŪ + DĎ = 392

$2D\check{D} + U\bar{U} = 392$

$D\check{D} = 392 - 2U\bar{U}$

$2(392 - 2U\bar{U}) + U\bar{U} = 392$

$784 - 4U\bar{U} + U\bar{U} = 392$

$3U\bar{U} = 784 - 392 = 392$

$U\bar{U} = 130{,}66\ MeV/c^2$

$D\check{D} = 392 - 2U\bar{U}$

$D\check{D} = 392 - 261{,}33$

$D\check{D} = 130{,}66\ MeV/c^2$

$2U\bar{U} + 2U\check{D} + 2D\bar{U} = 840$

$2D\check{D} + 2U\check{D} + 2D\bar{U} = 840$

$U\bar{U} = 140\ MeV/c^2$

$U\check{D} = 140\ MeV/c^2$

$D\bar{U} = 140\ MeV/c^2$

Con estos cálculos determinaremos el nivel de energía en las interacciones de quarks y gluones en Barion Δ, que representaremos en los siguientes gráficos:

CARGA	Δ++ = 2										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UUU		U	U	U		U	U	U	U	U	U
ŪŪŪ		Ū	Ū	Ū		Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū
R¯B¯G¯		R¯	B¯	G¯		B¯	G¯	R¯	G¯	R¯	B¯
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 15, Barion Δ++ = 2

CARGA	Δ+ = 1										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UUD		U	U	D		U	U	U	U	D	D
ŪŪĎ		Ū	Ū	Ď		Ū	Ď	Ū	Ď	Ū	Ū
R¯B¯G¯		R¯	B¯	G¯		B¯	G¯	R¯	G¯	R¯	B¯
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 16, Barion Δ+ = 1

CARGA	$\Delta° = 0$										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UDD		U	D	D		U	U	D	D	D	D
ŪĎĎ		Ū	Ď	Ď		Ď	Ď	Ū	Ď	Ū	Ď
$R^- B^- G^-$		R^-	B^-	G^-		B^-	G^-	R^-	G^-	R^-	B^-
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 17, Barion $\Delta° = 0$

CARGA	$\Delta^- = -1$										
		INTERACCION 1				INTERACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
DDD		D	D	D		D	D	D	D	D	D
ĎĎĎ		Ď	Ď	Ď		Ď	Ď	Ď	Ď	Ď	Ď
$R^- B^- G^-$		R^-	B^-	G^-		B^-	G^-	R^-	G^-	R^-	B^-
m(Mev/c^2)	1232	392				140	140	140	140	140	140
		130,6	130,6	130,6							

Figura 18, Barion $\Delta^- = -1$

3. INTERACCIÓN DE QUAKS E GLUONES – AGUJEROS NEGROS

Hipótesis 4: En un agujero negro, la interacción de los quarks se realiza a través de los gluones, no ocurre a través de los antiquarks; hay que recordar que los quarks actúan libremente, se comportan como un quark aislado, produciendo una cascada de gluones de energía infinita. Esto lo podemos representar en la siguiente figura:

RBG
UDD
UDD
RBG

Figura 19, agujero negro.

En analogía a lo que se hizo con los protones, los neutrones o el barión Δ, podemos representar las interacciones en un agujero negro en la siguiente figura:

CARGA	BH										
		INTERACCION 1				INTRACCION 2					
RBG		R	B	G		R	R	B	B	G	G
UDD		U	D	D		U	U	D	D	D	D
UDD		U	D	D		D	D	U	D	U	D
RBG		R	B	G		B	G	R	G	R	B

Figura 20

INTERACCION 1		
RR UU	RR¯	RR UU
BB DD	BB¯	BB DD
GG DD	GG¯	GG DD

Figura 21

	INTERACCION 2												
	RB UD	GB¯	RG UD	R¯B	BG UD	RG¯	BR UD	B¯G	GR UD	BR¯	GB UD	G¯R	RB UD
	RG UD	R¯B	BG UD	RG¯	BR UD	B¯G	GR UD	BR¯	GB **UD**	G¯R	RB UD	GB¯	RG UD
RBG UDD UDD RBG	BG DD	RG¯	BR DD	B¯G	GR DD	BR¯	GB DD	G¯R	RB DD	GB¯	RG DD	R¯B	BG DD
	BR DU	B¯G	GR DU	R¯B	GB DU	G¯R	RB DU	GB¯	RG DU	R¯B	BG DU	RG¯	BR DU
	GR DU	BR¯	GB DU	G¯R	RB DU	GB¯	RG DU	R¯B	BG DU	RG¯	BR DU	B¯G	GR DU
	GB DD	G¯R	RB DD	GB¯	RG DD	R¯B	BG DD	RG¯	BR DD	B¯G	GR **DD**	BR¯	GB DD

Figura 22

Si observamos la Figura 22, veremos que la interacción entre los quarks se lleva a cabo a través de gluones que no tienen masa, pero sí carga. Estos gluones no pueden viajar a una velocidad superior a c = 300.000 km/s y son los que producen la masa real Ma de un agujero negro, es decir, son los responsables de la masa ordinaria o masa bariónica que conocemos.

Si observamos la Figura 21 Interacción 1, veremos que la interacción entre quarks se da a través de gluones sin masa y sin carga; estos gluones son análogos a los fotones y como los quarks en un agujero negro, se comportan como si fueran quarks libres y aislados;

es decir, forman una cascada de gluones de energía infinita que puede superar el valor de c = 300 000 km/s; como consecuencia, crean la masa imaginaria iMr dentro de un agujero negro.

Comentários 1:

NOTA 1: LA INTERACCIÓN DE QUARKS UUD EN EL INTERIOR DE UN PROTON, SE REALIZA A TRAVÉS DE LOS ANTIQUARK ŪŪĎ Y GLUONES.

NOTA 2: LA INTERACCIÓN DE QUARKS UDD EN EL INTERIOR DE UN NEUTRON, SE REALIZA A TRAVÉS DE LOS ANTIQUARK ŪĎĎ Y GLUONES.

NOTA 3: LA INTERACCIÓN DE QUARKS EN UN BARION Δ, SE REALIZA A TRAVÉS DE LOS ANTIQUARKS Y GLUONES.

NOTA 4: EN UN AGUJERO NEGRO, LOS QUARK SE CONSIDERAN LIBRES Y SÓLO LOS QUARKS UDD ESTÁN RELACIONADOS CON OTRO UDD A TRAVES DE GLUONES. TRABAJAMOS CON QUARKS UDD EN UN AGUJERO NEGRO PORQUE CONSIDERAMOS QUE UN AGUJERO NEGRO NO TIENE CARGA.

Comentário 2:

Según el electromagnetismo, las cargas opuestas se atraen y las cargas iguales se repelen, pero en el núcleo de un átomo coexisten protones con carga positiva y neutrones con carga neutra; esto implica que considerando lo dicho anteriormente, por acción del electromagnetismo, los protones tendrían que salir del núcleo atómico en sentido contrario; pero este no es el caso y esto se explica por la existencia de la fuerza nuclear fuerte que mantiene unido el núcleo del átomo. Esta fuerza nuclear fuerte tiene un campo de acción, un radio de aproximadamente 10^{-15} m. Si consideramos que los protones están dentro del diámetro de acción del campo de fuerza nuclear fuerte, son atraídos hacia su interior, pero si los protones están fuera del diámetro de acción del campo de fuerza nuclear fuerte, entonces la fuerza del campo electromagnético provoca que los protones se alejan del núcleo atómico. Si observamos el gráfico de la energía de enlace por núcleo en función del número de masa, podemos ver que la transición ocurre en el hierro; es decir, con elementos de pequeña masa, como el hidrógeno, el helio, el litio o incluso el oxígeno, los protones quedan fuertemente ligados; para elementos con una masa mayor que el hierro, la fuerza de unión para mantener unido el núcleo pierde estabilidad, la fuerza electromagnética comienza a ser relevante y aparecen fenómenos como la radiación.

Si el área de la fuerza nuclear fuera infinita, todos los protones del universo no

resistirían y formarían un gran núcleo atómico.

Cuando se produce un agujero negro, el plasma de quarks y gluones que forman el agujero negro es neutro, sin carga. También dijimos que un agujero negro es un condensado de Bose-Einstein, en el que los quarks se comportan como quarks libres o aislados, donde los gluones forman una cascada de energía infinita.

En analogía con lo que se expresa con la fuerza nuclear fuerte, que es de corto alcance en el núcleo atómico, podemos decir que en un agujero negro la fuerza nuclear fuerte tendría un alcance infinito.

Nucleo atomico ------> Fuerza nuclear fuerte de corto alcance, 10^{-15} m.

Agujero Negro -------> Fuerza nuclear fuerte de alcance infinito.

APÉNDICE 15: TAQUIONES Y EL MODELO ELÉCTRICO RLC DEL UNIVERSO

Vamos a analizar la siguiente ecuación:

$E^2 = m^2c^4 + P^2c^2$

Si consideramos 0 el momento P de uma partícula, P = 0, tenemos:

$E^2 = m^2c^4$

$E = (+/-)\ mc^2$

$E = +\ mc^2$, energia positiva, (+ m) la gravedad atrae.

$E = -\ mc^2$, energia negativa (- m) la gravedad repele.

Segun la ecuacion $E = (+/-)\ mc^2$, tenemos que la gravedad actua de dos manera, (+m) como uma fuerza de atracción o (-m) como uma fuerza de repulsión.

Ahora vamos a analizar, para el caso de los taquiones si la gravedad también puede actuar de las dos formas.

1. METRICA PARA TRAYECTORIAS DE TIPO TIEMPO.

Vamos a dibujar el cono de luz.

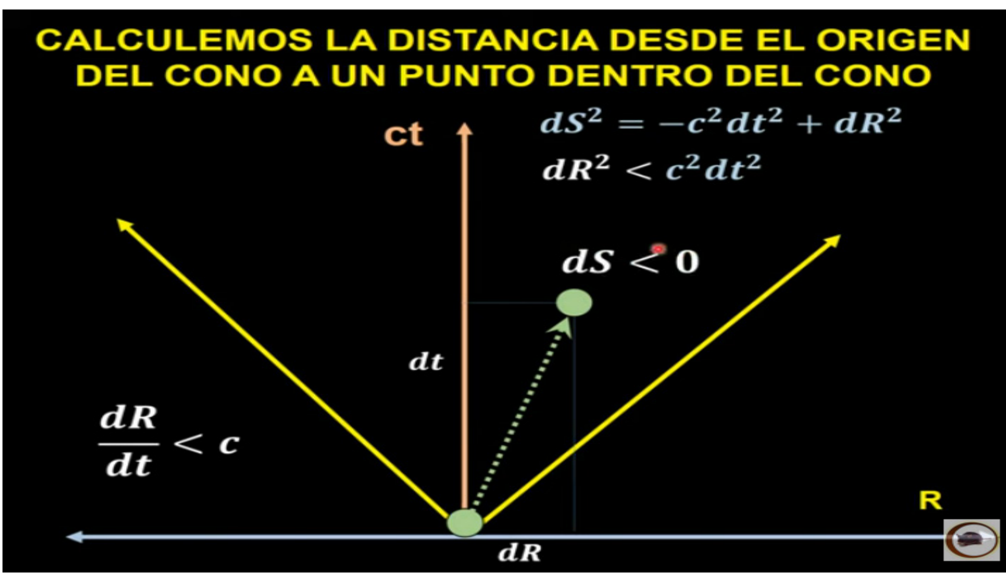


Figura 1

Vamos a escribir la métrica:

$d\tau^2 = dt^2 - (dx/c^2 + dy/c^2 + dz/c^2) > 0$

Esta métrica esta definida para velocidades menor que la luz, $v < c$.

Obviamos los passos matemáticos y com esta métrica calculamos el momento P y la energia E.

$P = mv / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$, momento de una partícula.

$E = mc^2 / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$, energia de una partícula.

Si analizamos la energia, vemos que cuando la partícula esta en reposo la energia corresponde a $E = mc^2$; cuando la velocidade tiende a c, la energia tiende a infinito.

$v = 0$, $E = mc^2$

$v \rightarrow c$, $E \rightarrow \infty$

Ahora vamos a realizar el siguiente truco matemático, si bien la métrica no nos permite realizar esto porque no esta definida para velocidades mayor que la luz, $v > c$, vamos a ver las consecuencias de la siguiente operación.

$E = mc^2 / \sqrt{-1}\ \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$, multiplicando el numerador y el denominador por i imaginário,

$E = - i\, mc^2 / \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$, vemos que aparece los términos – i.

Si comparamos con la masa de un agujero negro:

$Ms = Ma - iMr$, Ma es la masa equivalente para matéria normal.

$- im = - iMr$, para $v > c$, velocidades supraliminicas.

Cómo podemos interpretar esto, que significado tiene!!!!!!!

Si bien la métrica que utilizamos no esta definida para partículas que se muevan a una velocidad superior a la de la luz, existen partículas de masa, taquiónicas, que pueden ultrapasar esta barrera y viajar a uma velocidade superior a la de la luz, como es el caso de los gluones propuesto en el modelo eléctrico RLC del universo.

Estas partículas taquiónicas producen una fuerza tangencial a la fuerza de atracción de la gravedad y a medida que la velocidade crece respecto a la velocidade de la luz, generan la matéria oscura, como se analizó anteriormente en este libro. Hay que dejar en claro que estas partículas se encuentran en el interior del agujero negro. En este caso, los taquiones estan relacionados a gluones que viajan a una velocidade superior a la de la luz.

2. MÉTRICA PARA TRAYECTORIAS DE TIPO ESPACIO.

Vamos a dibujar el cono de luz.

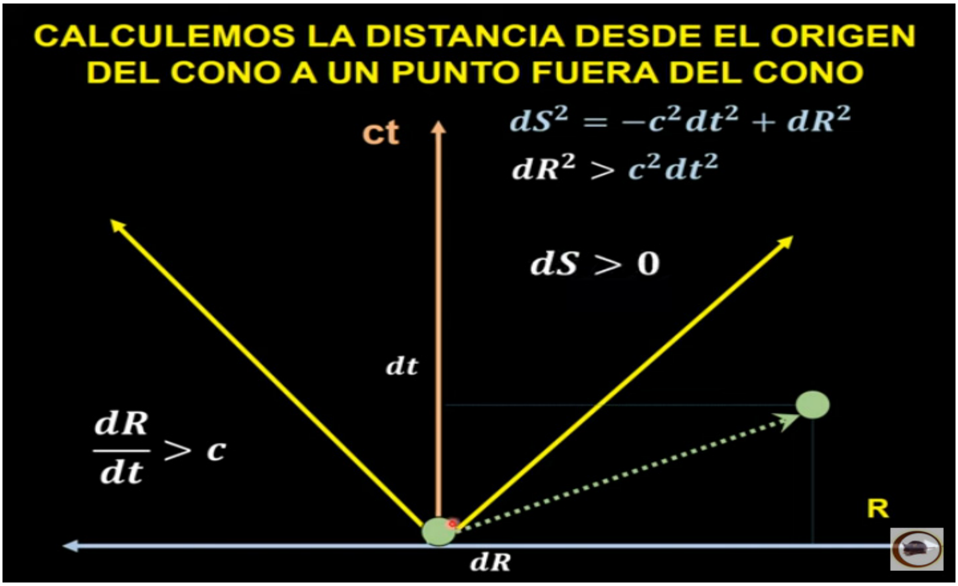


Figura 2

Vamos a escribir la métrica:

$d\tau^2 = - dt^2 + (dx/c^2 + dy/c^2 + dz/c^2) < 0$

Obviamos los passos matemáticos y com esta métrica calculamos el momento P y la energia E.

$P = - mv / \sqrt{(v^2/c^2)} – 1$, momento de una partícula.

$E = - mc^2 / \sqrt{(v^2/c^2)} – 1$, energia de una partícula.

Estas ecuaciones del momento P y la energia E, son validas para velocidades mayores que la luz y nunca pueden alcanzar las velocidade de la luz.

Si analizamos la enegia E tenemos:

$v \rightarrow \infty$, $E = 0$

$v \rightarrow c$, $E = -\infty$

Cómo podemos interpretar esto, que significado tiene!!!!!!

Vamos a relacionar las ecuaciónes de P y E con el modelo eléctrico RLC del universo, en el momento que explota el agujero negro, recordemos que el espacio-tiempo que estaba comprimido comienza a expandirse y genera un pozo de potencial gravitacional de enrgia

negativa análoga a la ecuacion $E = - mc^2 / \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$, en otras palabras, se produce un espectro de ondas gravitacionales que producen una fuerza de repulsión que da origen a la expansión del espacio-tiempo. En este caso, los taquiones estan relacionados a los gravítones, en la cual, durante el período de la inflación cósmica, viajan a una velocidade superior a la de la luz.

Ahora vamos a realizar el siguiente truco matemático, si bien la métrica no nos permite realizar esto porque no esta definida para velocidades menores que la luz, $v < c$, vamos a ver que acontece si una particula ultrapasa el límite para velocidades menores que c.

$E = - mc^2 / \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$, energia de una partícula.

$E = - mc^2 / \sqrt{-1}\,\sqrt{(1 - v^2/c^2)}$, energia de una partícula.

Multiplicando y dividiendo por i imaginário.

$E = i\, mc^2 / \sqrt{-1}\,\sqrt{(1 - v^2/c^2)}$

Relacionando con el modelo eléctrico RC de un agujero negro, tenemos

$Ms = - Ma + i\, Mr$, masa equivalente para gravítones.

$-Ms = Ma - iMr$, para $v < c$

Ms es la masa resultante, (-Ma) es la masa equivalente de ondas gravitacionales que actúa como una fuerza de repulsión; Mr también esta asociada a gravítones o a la expansión espacio-tiempo. Mr em analogia a la masa de um agujero negro podemos escribir, $Ms = Ma - iMr$, produciria una fuerza tangencial a la fuerza de -Ma, pero em sentido contrario a lo que ocurre en un agujero negro.

En esta ecuación $- Ms = Ma - i\, Mr$, la velocidade de una partícula para $v < c$.

Conclusiones:

1. Para una trayectoria de tipo tiempo, es posible asociar una partícula taquiónica a gluones sin masa y sin carga donde su masa estaria asociada a la ecuación de la energia $-i\, m / \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$. Gracias a esto podemos representar la ecuacion de un agujero negro como $Ms = Ma - i\, Mr$. Es importante esclarecer que estas partículas taquiónicas (gluones sin masa y sin carga) unicamente se pueden encontrar en el interior de los agujeros negros. En este caso los taquiones estarian asociado a una fuerza de atracción.

2. Para uma trayectoria de tipo espacio, es posible asociar una partícula taquiónica a gravítones, a la expansión del espacio tiempo. Después que ocurre la explosión de un agujero negro se produce el período de la inflación cósmica, donde la inflación cósmica seria análogo a um pozo de potencia de energia

negativa infinita, donde los gravítones, al inicio de la inflación, se moverian con una velocidad muy superior a la velocidade de la luz y en la medida que el espacio se expande tenderia a alcarzar la velocidade de la luz. En este caso los taquiones estarian asociado a una fuerza de repulsión.

PARA PARTICULAS DE MATERIA		
TRAYECTORIA TIPO TIEMPO	TRAYECTORIA TIPO LUZ	TRAYECTORIA TIPO ESPACIO
1	2	3
$ds < 0$	$ds = 0$	$ds > 0$
$v < c$	$v = c$	$v > c$
Ma	Ma	Ms = Ma - iMr
Atracción	Atracción	Atracción
Lp = Lpε	Lpɢ = Lpε = Lp	Lpɢ < Lpε
$E = Ma\, c^2 / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$	Cambio de fase	$E = -i\, Mr\, c^2 / \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$

Figura 3

PARA ONDAS GRAVITACIONALES		
TRAYECTORIA TIPO TIEMPO	TRAYECTORIA TIPO LUZ	TRAYECTORIA TIPO ESPACIO
3	2	1
$ds < 0$	$ds = 0$	$ds > 0$
$v < c$	$v = c$	$v > c$
Ms = -Ma + iMr	-Ma	-Ma
Repulsión	Repulsión	Repulsión
Lp = Lpε	Lpɢ = Lpε = Lp	Lpɢ < Lpε
$E = i\, Mr\, c^2 / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$	Cambio de fase	$E = -Ma\, c^2 / \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$

Figura 4

Vamos a tratar de interpretar el significado de la masa en la Figura 3 y la Figura 4.

a. La masa Ma, es la masa que nosotros conocemos y estamos acostumbrado a percibir. La gravedad sobre Ma ejerce una fuerza de atracción en dirección al centro de masa.

   Ejemplo: la massa de la tierra.

   Para partícula de matéria:

TRAYECTORIA TIPO TIEMPO
1
$ds < 0$
$v < c$
Ma
Atracción
Lp = Lpε
$E = Ma\, c^2 / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$

b. La masa Ms = Ma – iMr, es la masa que se encuentra en el interior de un agujero negro, La gravedad sobre Ma ejerce una fuerza de atracción hacia el interior del agujero negro en dirección al centro de masa, la gravedad sobre Mr ejerce una fuerza perpendicular a Ma y atrasa 90 grados a la fuerza de Ma. La fuerza resultante en Ms es la suma vectorial de la fuerza que se aplica en la masa Ma y en la masa Mr.

Para particulas de matéria:

TRAYECTORIA TIPO ESPACIO
3
$ds > 0$
$v > c$
Ms = Ma - iMr
Atracción
Lpɢ < Lpε
$E = -i\, Mr\, c^2 / \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$

c. La masa -Ma, es una masa en la que la gravedad ejerce una fuerza de repulsión, eu ejemplo se da cuando el agujero negro explota y produce la inflación cósmica en la cual el espcio-tiempo se expande a una velocidade mayor que la luz, en este caso la gravedad actúa ejerciendo una fuerza de repulsión.

Para ondas gravitacionales:

TRAYECTORIA TIPO ESPACIO
1
$ds > 0$
$v > c$
-Ma
Repulsión
$Lpɢ < Lp\varepsilon$
$E = -Ma\ c^2 / \sqrt{(v^2/c^2)} - 1$

d. La masa Ms = -Ma + iMr (-Ms = Ma – iMr), la gravedad en este caso actúa como una fuerza de repulsion, un ejemplo ocurriría en los aceleradores de partículas; luego de colisionar las partículas, se produce la desintegración y la dispersión de partículas, esto podemos explicarlo diciendo que la desintegración de partículas en un plasma de quarks y gluones produce una contracción del espacio-tiempo y la dispersión produce una expansión del espacio-tiempo, en las cuales la gravedad actua de dos maneras, la masa -Ma actua como una fuerza de repulsión-dispersion expandiendo el espacio-tiempo y la masa +iMr actúa com una fuerza tangencial a -Ma pero que adelanta 90 grados a la misma. Aqui es importante percibir que en una desintegracipon de partículas en un acelerador como el LHC, además de la fuerza que resulta de la massa -Ma que produce repulsión, aparece una fuerza tangencial que resulta de la masa +iMr.

Podría ser que la fuerza que resulta de la masa +iMr de tipo tangencial, séa la causante de las diferencias encontradas, una desviación respecto al valor teórico, en el momento magnético anómalo del muón factor g-2!!!!!!!

Para ondas gravitacionales:

TRAYECTORIA TIPO TIEMPO
3
$ds < 0$
$v < c$
Ms = -Ma + iMr
Repulsión
$Lp = Lp\varepsilon$
$E = i\ Mr\ c^2 / \sqrt{1} - (v^2/c^2)$

e. Es importante dejar em claro, para particulas de matérias y para partículas de ondas gravitacionales existe una zona de transición o también podemos llamarlo, cambio de fase, que esta definido por la longitud de Planck, Lp. Existe una

zona para la cual la velocidade $v < c$ y corresponde $Lp_G = Lp_\varepsilon = Lp$ y existe una segunda zona en la cual $v > c$ y corresponde $Lp_G < Lp_\varepsilon$.

Cuando analisamos las ecuaciones de la métrica para trayectoria de tipo tiempo para $v < c$ y ultrapasamos el limite para $v > c$, siempre las partículas son de tipo matéria; ahora cuando analisamos las ecuaciones de la métrica para trayectoria de tipo espacio para $v > c$ y ultrapassamos la barrera $v < c$, siempre las partículas son de tipo ondas gravitacionales, son partículas de espacio-tiempo.

Ahora vamos a realizar otro analisis, cuando analisamos las ecuaciones de la métrica para trayectorias de tipo tiempo, definidas para $v < c$, encontramos que la energia es igual a:

$$E = mc^2 / \sqrt{-1}\ \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$$

Donde la masa m, en este caso es equivalente a $m = Ma$

Si analisamos la ecuacion de la energia, vemos que E tiende a ∞ en la medida que v tiende a c, todo indicaria que para la matéria no existiria una partícula taquiónica.

Mediante el siguiente razonamiento vamos a intentar explicar que ese límite matemático dado por la ecuacion de la energia E o por la metrica de la trayectoria de tipo tiempo, no impediría la existe de una partícula de materia, viajar a una velocidad superior a la de la luz.

Ahora vamos a recordar como se forma um agujero negro, vamos a recordar que para formar un agujero, una estrella que colapsa, tiene que pasar por los estados de una estrella enana blanca, una estrella de nêutrones y finalmente un agujero negro. También vamos a recordar que definimos un agujero negro como un plasma de quarks e gluones, un condensado de Bose-Eintein de alta temperatura, en la cual en su interior no existen los campos de fuerza electromagnéticos y campos de fuerza débil.

Todo lo explicado hasta aqui nos muestra la barrera que una partícula tiene que pasar, cuya energia definida por $E = mc^2 / \sqrt{-1}\ \sqrt{(v^2/c^2) - 1}$; ése es el significado de E tiende a ∞ en la medida que v tiende a c. Pero una vez que pasamos esa barrera, una vez que el buraco negro se há formado, recordemos que dijimos que en su interior no existen campos de fuerza electromagneticos y compos de fuerza débil, por lo cual suponemos que la densidade de vacio de partículas virtuales en el interior de un agujero negro tiene que ser menor que la densidade de vacio fuera de un agujero negro en las cuales existen los cuatros campos de fuerza que conocemos. Es justamente esto lo que nos permite suponer que los gluones sin masa y sin carga pueden viajar a uma velocidad superior a la de la luz.

El interior de um agujero negro es lo que llamamos vacio verdadero y fuera de un

agujero negro es el falso vacio.

CONSIDERACIONES FINALES:

Vamos a analizar Las siguientes ecuaciones:

Ms = Ma – i Mr, para v > c, en el interior de un agujero negro.(1)

Ms = -Ma + iMr (2)

-Ms = Ma – i Mr, para v < c, fuera de un agujero negro (en una desintegracion de partículas)

Cuando analizamos la ecuacion (1) y (2) vemos que en la ecuacion (1) existe la masa Ma en que la gravedad actua como una fuerza de atracción. En la ecuacion (2) vemos que existe la massa -Ma en que la gravedad actua como uma fuerza de repulsión.

En la ecuación (1), Mr surge de la suposicion de que los gluones (bosones) sin masa y carga viajan a una velocidade mayor que la luz $C_G > C_\varepsilon$ y producen una fuerza tangencial que atrasa 90 grados a la fuerza producida por la masa Ma. Mr es una masa resultante que en el modelo eléctrico RLC del universo representa la matéria oscura.

Cuando analizamos la ecuación (2), en una desintegración de partículas, para v < c, vemos que aparece la massa +iMr tambien de tipo bosonica, cuya fuerza actua en dirección tangencial a la fuerza de repulsión de la masa -Ma.

Según la ecuación (1) y (2), en ambas ecuaciones existe una fuerza tangencial de tipo bosonica, si nosotros demostramos la existencia de la fuerza bosonica resultante de la masa +iMr para v < c, extrapolando, podemos estar seguro que la ecuacion (1) es verdadera y por lo tanto el modelo eléctrico RLC del universo estría correcto.

!!!!!!Sera que el bóson X17, la quinta fuerza, esta relacionado a la massa +iMr enunciada anteriormente para v < c.!!!!!!!!!

¡¡¡¡¡¡Podría ser que la fuerza que resulta de la masa +iMr de tipo tangencial, sea la causante de las diferencias encontradas, una desviación respecto al valor teórico, en el momento magnético anómalo del muon factor g-2!!!!!!!

REFERENCIAS

Ecuación de campo de Einstein, Iván García Brao, Universidad de Murcia, Facultad de Matemáticas. Trabajo de grado año 2018.

Soluciones de buracos negros na relatividade general, Universidad federal Fluminense, Bacherelado em Física. Trabajo de grado 2015.

Thermodynamics of hot strong-interaction matter from ultrarelativistic nuclear collisions, Fernando G. Gardim, Giuliano Giacalone, Matthew Luzum e Jean-Yves Ollitrault, https://doi.org/10,1038/s41567-020-0846-4, https://arxiv.org/abs/1908.09728.

Covariant Loop Quantum Gravity, Carlo Rovelli and Francesca Vidotto.

Field Theory, Kostas kokkotas.

Gravity and introduction to Einstein´s General Relativity, James B. Hartle.

Gravitation; Charles W. Misner, Kip S. Thorne and Jhon Archibald Wheelher.

Cosmologia Cuantica y creacion del universo, Benito Marcote.

Quantum Gravity, Carlos Rovelli.

Singularidades em teorias f(r) da gravitação, Vinicius Miranda Bragança.

Física Cuántica, Eisberg Resnick.

Física cuántica, Eyvind H. Wichmann.

Física Universitaria con Física Moderna Vol II, Sears – Zemansky.

Estimando parâmetros cosmológicos a partir de dados observacionais.

Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Sen. Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova, CEP. 59078-970, Natal, RN, Brasil

[2]CAIC José Joffily, Secretaria de Estado da Educação, Governo da Paraíba, R. José Marques Ferreira, 100 - Malvinas, CEP. 58432-545, Campina Grande, PB, Brasil.

Gival Pordeus da Silva Neto[*, 1, 2]

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000200418

Determinación de parámetros cosmológicos usando oscilaciones acústicas de bariones en cartografiados fotométricos de galáxias.

TESIS DOCTORAL, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Departamento de Física Teórica I.

Aurelio Carnero Rosell, Director Eusebio Sánchez Álvaro, Madrid, 2011

https://eprints.ucm.es/13761/1/T33317.pdf

Oscilações acústicas bariônicas.

TESIS DE MESTRADO, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física “Gleb Wataghin”.

Anderson Luiz Brandão de Souza, Orientador: Pedro Cunha de Holanda, Campinas 2018.

https://sites.ifi.unicamp.br/sobreira/files/2018/07/mestrado-tanderson.pdf

Testando a Robustez na Determinação da Constante de Hubble, H0, Via Observ´aveis em Redshifts Intermediarios.

TESIS DE MESTRADO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Centro de ciências e tecnologias.

Gival Pordeus da Silva Neto, Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Fernandes Lira de Holanda, Maio 2015.

https://core.ac.uk/download/pdf/250089429.pdf

Curso de Cosmologia.

http://152,84,50,234/fisica/atividades_de_verao/2019/CursoLentesMakler_2019_2.pdf

Thermodynamics of hot strong-interaction matter from ultrarelativistic nuclear collisions, Fernando G. Gardim, Giuliano Giacalone, Matthew Luzum e Jean-Yves Ollitrault, https://doi.org/10,1038/s41567-020-0846-4, https://arxiv.org/abs/1908.09728.

La Constante de Boltzmann y la temperatura.

https://cuentos-cuanticos.com/2011/10/08/constante-de-boltzmann-temperatura/

Gravedad y Mecanica cuántica, Cesar Gomez, Instituto de física teórica IFT – UAM de España, https://www.youtube.com/watch?v=eIMUQB0rfdE

Constante de Boltzmann.

https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria27/feria25501_constante_de_boltzmann.pdf

Observation of quantum Hawking radiation and its entanglement in an analogue black hole.

JEFF STEIHAUER.

https://arxiv.org/abs/1510.00621

Spontaneous Hawking radiation and beyond: Observing the time evolution of an analogue black hole

JEFF STEIHAUER.

https://arxiv.org/abs/1910.09363

Vídeos del instituto de física teórica IFT, España.

Videos de física, Javier Santaolalla.

Videos de Sabine Hossenfelder.

Videos de Fermilab, Don Lincoln.

Videos PBS Space Time, Matt O`Dowd and Andrew Kornhaber.

Información de Google.

Videos de YouTube.

El universo Elegante, Brian Greene.

Hiperespacio, Michio Kaku.

Universos paralelos, Michio Kaku.

El gran Diseño, S. Hawking y L. Mlodinow.

História del tiempo, Stephen Hawking.

O futuro da mente, Michio kaku.

Agujero negro y tiempo curvo, Kip Thorne.

La Realidad Oculta, Brian Greene.

La partícula Divina, Leon Lederman y Dick Teresi.

La luz y el origen de la materia, Alberto Casas, Profesor de Investigación IFT CSIC/UAM https://www.youtube.com/watch?v=CTrX_JBNEnU

La Constante de Boltzmann y la temperatura.

https://cuentos-cuanticos.com/2011/10/08/constante-de-boltzmann-temperatura/

Etc.

SOBRE O AUTOR

HECTOR GERARDO FLORES (ARGENTINA, 1971). Estudié Ingeniería Eléctrica con orientación electrónica en la Universidad de San Miguel de Tucumán UNT (Argentina); Trabajé y sigo trabajando en empresas petroleras buscando gas y petróleo por mas de 25 años, como ingeniero de mantenimiento de equipos sísmicos en empresas como Western Atlas, Baker Hughes, Schlumberger, Geokinetics, etc.

Desde 2010 estudio física teórica de forma autodidacta.

En 2020 y 2021, durante la pandemia, participé del curso y ví todos los videos online de Cosmología I y Cosmología II dictados por la Universidad Federal de Santa Catarina UFSC (nivel de grado).

Como comentario general, a modo de información quiero expresar que la teoría desarrollada en este libro nació en mi trabajo, observando la propagación de señales sísmicas en la tierra, comparando los métodos utilizados con explosivos y vibroseis, extrapolando la experiencia adquirida en el mundo de la sísmica y combinándola con la extensa teoría que existe sobre el Big Bang; las ideas incorporadas en este libro surgen en el sentido de intentar dar respuesta a los misterios de la ciencia sobre el origen del universo.

En este libro siento que he logrado mi objetivo de explicar el origen de nuestro universo, por lo que me siento en la obligación de compartir este conocimiento. Espero que el lector después de leer el libro tenga la misma visión y satisfacción.

Atena
Editora
Año 2023

MODELO ELÉCTRICO RLC DEL UNIVERSO

Y LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

DE LOS AGUJEROS NEGROS AL BIG BANG

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena Editora
Año 2023

Modelo eléctrico RLC del universo

Y la constante de Boltzmann

DE LOS AGUJEROS NEGROS AL BIG BANG

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

